

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Milena Guerra

AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO, DA GRAVIDADE E GRAU
DE URGÊNCIA DE INTERVENÇÃO NAS FACHADAS DO
OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO DA UFRGS

Porto Alegre
Outubro 2022

MILENA GUERRA

AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO, DA GRAVIDADE E GRAU
DE URGÊNCIA DE INTERVENÇÃO NAS FACHADAS DO
OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO DA UFRGS

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de
Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheira Civil

Orientadora: Ângela Borges Masuero
Coorientadora: Rafaela Falcão Socoloski

Porto Alegre
Outubro 2022

MILENA GUERRA

AVALIAÇÃO DA DETERIORAÇÃO, DA GRAVIDADE E GRAU
DE URGÊNCIA DE INTERVENÇÃO NAS FACHADAS DO
OBSERVATÓRIO ASTRONÔMICO DA UFRGS

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final para Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação (COMGRAD) de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Porto Alegre, 10 de outubro de 2022.

Prof.^a Angela Borges Masuero
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul
Orientadora

Prof.^a Rafaela Falcão Socoloski
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul
Coorientadora

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ângela Borges Masuero
(UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Camila Mokwa Zanini
(UFRGS)
Msc. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Jéssica Deise Bersh
(UFRGS)
Msc. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Profa. Rafaela Falcão Socoloski
(UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

RESUMO

Esse trabalho visa mostrar a evolução da deterioração das fachadas do corpo do edifício e da base da cúpula do prédio histórico do Observatório Astronômico da UFRGS, através do método de acompanhamento proposto por Socoloski (2021). A metodologia busca através do cálculo do Índice de Gravidade (IG) e Índice de Tendência e Urgência (ITU) compreender as condições apresentadas pelo revestimento externo de argamassa. O primeiro indicador aponta a gravidade da deterioração baseado nas manifestações patológicas presentes nas fachadas e o segundo, é responsável pela mensuração da tendência evolutiva da degradação para estágios mais severos. A compreensão do avanço, foi obtida pela análise comparativa de diagnósticos entre o ano de 2018, baseados no levantamento realizado por Verdun (2018), e em um novo levantamento para o ano 2022. Dessa forma, através da análise dos valores dos índices calculados para ambos os anos de estudo, foi possível verificar um crescimento significativo nos quadros de manifestações patológicas para o corpo do edifício e base da cúpula em todas as fachadas. Ainda, pelo método de Socoloski (2021), foi possível examinar as regiões mais suscetíveis à ocorrência de deteriorações e mostrar quais locais apresentaram maior crescimento em relação ao estudo de 2018. Avaliou-se também, que a projeção de tendência de agravamento das manifestações presentes no levantamento de Verdun (2018) mostrou-se condizente apenas para o corpo da edificação. Sendo assim, os resultados encontrados são parâmetros que evidenciam a importância da manutenção preventiva, pois permite identificar quais áreas estão mais susceptíveis a agravamentos ao longo do tempo, bem como quais regiões necessitam de prioridade de intervenção. Podem servir, dessa forma, de parâmetro para a tomada de decisões quanto a preferência das fachadas deterioradas.

Palavras-chave: Prédio Histórico. Fachadas. Revestimento de argamassa. Manifestações patológicas. Desempenho.

1 INTRODUÇÃO

Considera-se como patrimônio histórico e artístico, todos os bens cujo valor está atrelado a marcos importantes para a sociedade e nação conforme o Decreto-Lei Nº 25 de 30 de novembro de 1937 (BRASIL, 1937). Nessa perspectiva, pode-se citar o edifício do Observatório Astronômico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) inaugurado em 1908, considerado um marco histórico na pesquisa e desenvolvimento científico para toda a sociedade, prestando serviços para a comunidade de cunho astronômico e meteorológico, sendo seu grande feito determinar e divulgar a hora certa em 1912 (BEVILAQUA, 2013). Quase um século depois, em 1998, o prédio do Observatório Astronômico (OA), foi declarado integrante do patrimônio cultural do país pelo livro do Tombo Histórico: Inscrição nº 1.438-T-98, e mantém sua funcionalidade atrelada a suas histórias, sendo, hoje, também um museu.

A deterioração das fachadas das edificações é inerente ao tempo, sendo necessário intervenções em seus sistemas para manter sua integridade e desempenho construtivo. Apesar do OA ter sido restaurado em 2002 (SUINFRA, c2022), suas manifestações patológicas continuam evoluindo de forma gradativa. O estudo de Verdun (2018), referente ao diagnóstico das manifestações patológicas na fachadas e cobertura do OA visando futuras intervenções, apontou que mais de cinquenta por cento do revestimento argamassado de todas as fachadas do prédio histórico apresentavam algum tipo de degradação que necessitava de tratamento. Dessa maneira, o estudo da evolução das manifestações patológicas presentes nas fachadas é fundamental para a determinação do nível de gravidade e velocidade de agravamento dos revestimentos externos de argamassa.

Tendo em mente a importância histórica e atual do Observatório da UFRGS e a necessidade de intervenções nesta edificação, este trabalho pretende analisar o comportamento da degradação dos revestimentos de argamassa das fachadas do corpo da edificação e base da cúpula, a partir do Índice de Gravidade (IG) e Índice de Tendência e Urgência (ITU) propostos por Socoloski (2021). Sendo o primeiro, indicador da gravidade da deterioração baseado nas manifestações patológicas presentes nos sistemas construtivos e a extensão de cada uma delas, e o segundo, indica a tendência evolutiva da degradação para estágios mais severos e urgência em intervir, visando a segurança dos usuários que possam se aproximar da edificação. Estas avaliações foram realizadas a partir do comparativo entre a análise das manifestações patológicas presentes na fachada em 2022 e o levantamento realizado por Verdun (2018). A comparação objetiva verificar o aumento da gravidade da degradação das fachadas, a velocidade com que o índice de agravamento se modifica e se a tendência prevista para a degradação baseada no mapeamento de 2018 procedeu em relação ao mapeamento atual.

Dessa forma, este trabalho visa mostrar o crescimento da deterioração das fachadas e base da cúpula do prédio histórico do Observatório Astronômico da UFRGS, com base no estudo

desenvolvido em 2018. Além disso, busca identificar os locais com maior incidência e recorrência dessas manifestações patológicas através do IG, e compreender a tendência de evolução dessas, pelo cálculo de ITU. Analisando, dessa forma, o grau e risco da degradação presente no OA.

2 OBJETO DE ESTUDO

O Observatório Astronômico (OA) da UFRGS foi concebido para viabilizar os estudos dos fenômenos astronômicos e meteorológicos à comunidade. Ao longo do tempo, suas funções foram modificadas, tornando-se espaço para atividades de ensino e visitação pública.

O OA pertence a um conjunto de três edifícios projetados pelo Engenheiro-Arquiteto Manoel Itaquí, cuja construções ocorreram simultaneamente entre os anos 1906 e 1908. Em decorrência da sua funcionalidade, a implantação do OA seguiu rigorosamente o posicionamento dos pontos cardeais, fazendo com que os outros dois prédios, conhecidos como Château e Castelinho, fossem dispostos sobre sua perspectiva, compondo o conjunto conhecido como Largo Paganini (Figura 1), situado na Praça Argentina – Campus do Centro no 1º quarteirão da universidade em Porto Alegre (TONIOLI, 2014). O grupo de prédios foi restaurado separadamente no ano 2000, através do Projeto de Resgate do Patrimônio e Cultural do UFRGS.

Figura 1: Conjunto Largo Paganini.

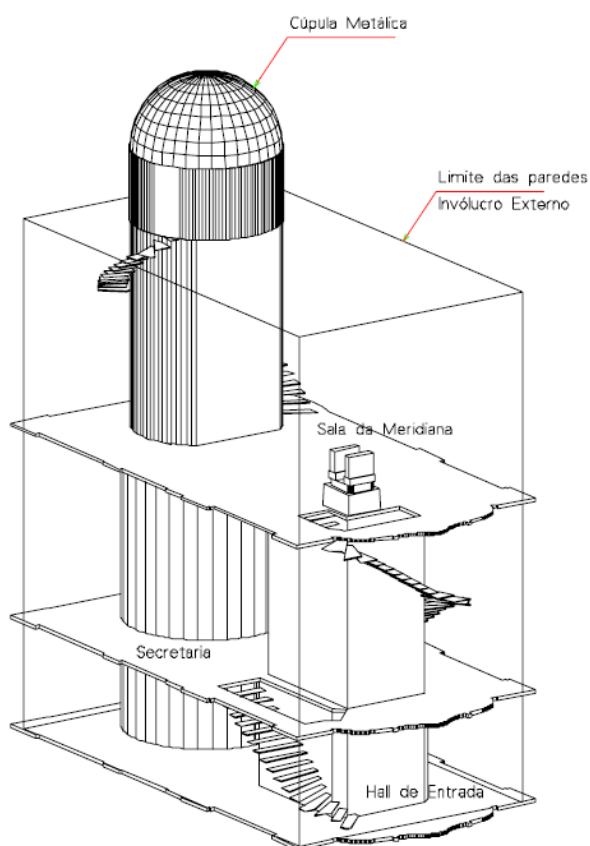


(fonte: Google Earth, 26 de junho de 2022).

O prédio do OA é composto por duas torres internas e quatro pavimentos com pés direitos distintos (Figura 2). A primeira torre segue do térreo até a cobertura, onde é protegida por uma

cúpula giratória metálica. Já a segunda, vai do térreo ao terceiro pavimento, tendo fechamento em telhamento metálico.

Figura 2: Desenho esquemático das torres do AO.



(fonte: MORAES, 2003).

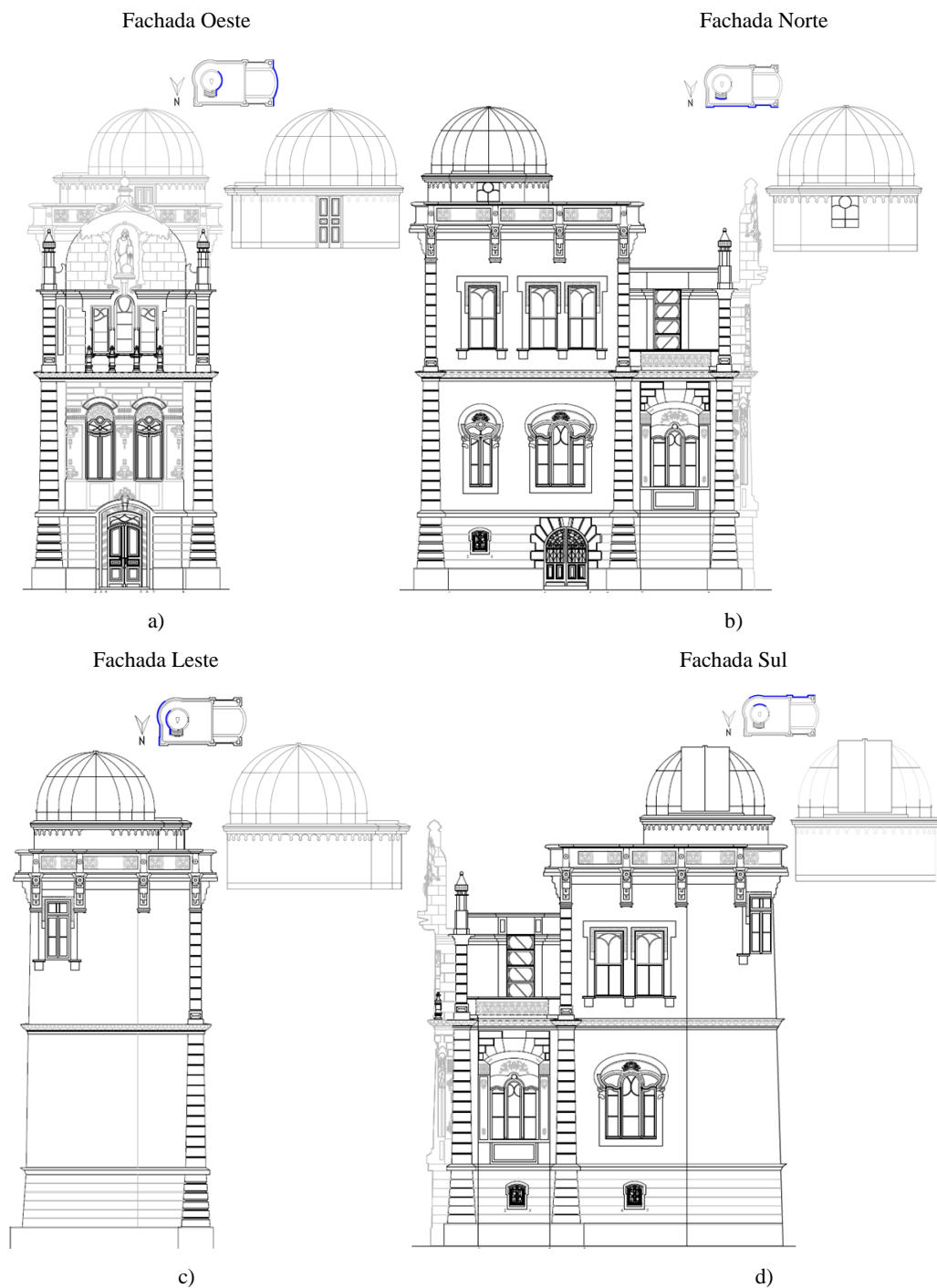
No terceiro pavimento, há ainda duas sacadas e na cobertura, um terraço. Suas paredes são compostas por alvenaria de tijolos cerâmicos maciços com função estrutural, assentados com argamassa de cimento, cal e areia, tendo média de 50cm de espessura. A laje do térreo é de concreto, enquanto as demais são de assoalho de madeira. As sacadas e a cobertura possuem lajes de grês apoiados sobre trilhos de ferro consolidadas por argamassa de cimento e duas camadas de tijoleiras (MORAES, 2003; TONIOLI, 2014).

O OA segue o estilo Art Nouveau (Figura 3), apresentando fachadas ricas em ornamentos e composições simétricas a partir do centro da edificação (VASCONCELLOS *et al.*, 2008). Onde, as peças mais complexas foram executadas com cimento pré-moldado, enquanto as demais foram realizadas com reboco de granulometria mais fina. O revestimento original das fachadas não contém chapisco, sendo a camada de reboco aplicada diretamente sobre a alvenaria. Sendo esse composto de cimento, areia e cal. Conforme o trabalho de reconstituição de traço desenvolvido por Verdun (2018), o traço médio do OA é de 1:2,43 (ligante: agregado em massa). O acabamento original era em pintura à base de cal, que após o restauro, visando questões de durabilidade foi modificado para pintura em PVA (PASQUALOTTO, 2012). A altura do prédio contabilizando a

cúpula é de aproximadamente 20,70m, de acordo com as plantas fornecidas pelo Setor de Patrimônio Histórico (SPH) da UFRGS.

Figura 3: Fachadas do Observatório Astronômico da UFRGS

(a) Fachada Oeste (b) Fachada Norte (c) Fachada Leste (d) Fachada Sul



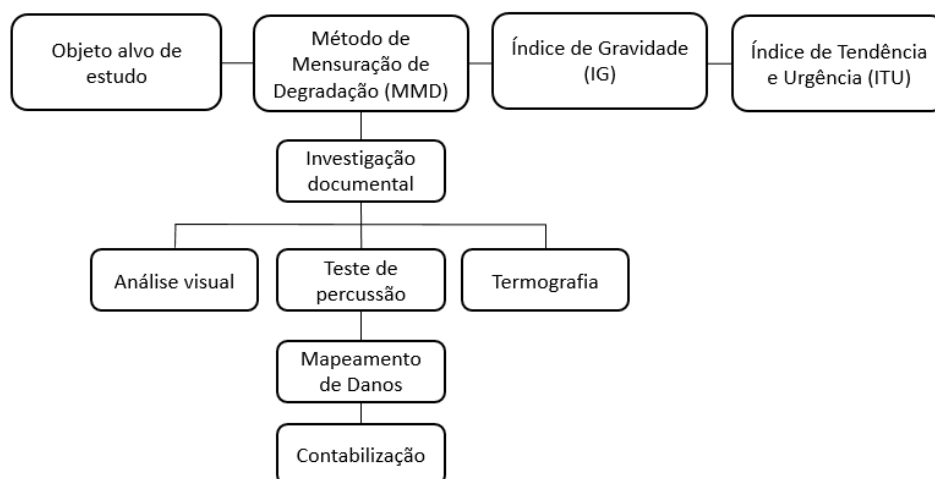
Fonte: (SETOR DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO UFRGS – ÁREA DE PESQUISA E DOCUMENTAÇÃO, 2022)

Dessa forma, considerando todas suas peculiaridades, o Observatório Astronômico da UFRGS é uma edificação protegida em âmbito, nacional (IPHAN), estadual (IPHAE), municipal (EPAHC) e pela UFRGS.

3 MÉTODOS DE ANÁLISE

Os métodos empregados para o levantamento de manifestações patológicas basearam-se nas premissas consideradas pelos pesquisadores da Universidade de Brasília, Antunes (2010), Silva (2014), Souza (2016), Pinheiro (2016) e Piazzarollo (2019), enquanto o método de análise de degradação através de índices é proposto por Socoloski (2021), conforme expressa o fluxograma a seguir (Figura 4).

Figura 4: Fluxograma de levantamento e análise de manifestações patológicas.



(fonte: Socoloski, 2021 modificado pela autora).

3.1 MÉTODO DE MENSURAÇÃO DE DEGRADAÇÃO (MMD)

O método de mensuração de degradação (MMD) é uma técnica de quantificação das anomalias e danos presentes nas fachadas em áreas por meio de coleta e levantamento de dados (SOUZA, 2019). A metodologia desenvolvida por pesquisadores da Universidade de Brasília consiste em investigação documental e de campo, ensaios e mapeamentos de danos da fachada. Apesar dos seus trabalhos abordarem a temática de revestimento em cerâmica, conforme Dos Santos (2018), a metodologia pode ser considerada válida para a aplicação em fachadas com revestimento de argamassa, como é o caso do OA. Neste item estão descritos os ensaios realizados neste trabalho, divididos em dois tópicos, sendo eles teste de percussão e termografia além da investigação documental e análise visual.

3.1.1 INVESTIGAÇÃO DOCUMENTAL

A investigação documental baseia-se no levantamento de informações tais como: características arquitetônicas, sistemas estrutural, construtivo e de revestimento, idade do edifício, orientações das fachadas, tipo de uso e registros de manutenções e reparos (SILVA, 2014; SOCOLOSKI, 2021). As plantas arquitetônicas e documentos referentes as alterações realizadas

na edificação alvo de estudo foram obtidas pelo SPH da UFRGS, enquanto que o levantamento de mapa de danos de 2018 foi obtido de Verdun (2018).

3.1.2 ANÁLISE VISUAL

Essa etapa consiste em vistorias in loco para levantar e identificar as anomalias visíveis no sistema de revestimento externo da edificação, bem como suas possíveis causas. Para auxiliar na análise e reconhecimento das manifestações patológicas presentes nas fachadas do corpo da edificação e na base da cúpula do OA, utilizou-se câmera fotográfica digital e drone. Empregou-se o uso do drone para os pavimentos superiores, possibilitando uma visualização mais detalhada dos danos presentes nas diferentes geometrias existentes nas fachadas da edificação.

3.1.3 TESTE DE PERCUSSÃO

O teste de percussão é uma técnica não destrutiva que consiste na identificação de áreas com perda de aderência entre o revestimento e o substrato. O ensaio seguiu as recomendações propostas pela ABNT NBR 13749 (2013d), sendo realizado com martelo de borracha ao longo do perímetro da edificação, porém com limitação de 4m de altura em decorrência da limitação de equipamento de elevação.

3.1.4 TERMOGRAFIA

A termografia é um método não invasivo de capturar a distribuição de temperatura gerada pelas ondas de radiação eletromagnéticas emitidas e refletivas pela superfície do objeto (EDIS *et al.*, 2014). Segundo Lourenço *et al.* (2017), através dela é possível reconhecer áreas com presença de umidade e descolamentos devido à diferença de tonalidades apresentadas por essas manifestações patológicas e seu entorno. Conforme Freitas *et al.* (2014), o descolamento do revestimento gera uma camada de ar resistente aos fluxos de calor entre a parte descolada e o substrato, impactando na distribuição de temperatura. Dessa forma, durante a fase de absorção de calor pelo sistema, as áreas de revestimento não aderido se apresentam com temperaturas mais altas que seu entorno, enquanto para a fase inversa, perda de calor para o meio, a temperatura é mais baixa. Essa última situação foi comprovada pela análise de Verdun *et al.* (2021) e Bersch *et al.* (2021), em que anomalias de descolamentos e presença de umidade para ensaios realizados no momento de resfriamento, apresentaram-se na coloração azul, ou seja, em uma área mais fria que o entorno. Já para as anomalias como sujidade, essa mostra-se em tons mais alaranjados, ou seja, mais quente que seu entorno.

O ensaio foi realizado seguindo os princípios empregados por Verdun (2018). Dessa forma, as imagens foram retiradas no período vespertino na estação de inverno, visto que, a

superfície da edificação expôs-se a radiação solar ao longo do dia e ao final da tarde está iniciando sua perda de calor para o meio, gerando, dessa forma, fotos com maior contraste e termogramas mais definidos. Para a emissividade utilizou-se o valor de 0,92, referente a revestimento de argamassa. Quanto aos demais parâmetros, como temperatura relativa aparente, umidade relativa e temperatura atmosférica, esses foram inseridos na câmera termográfica de acordo com as condições no momento do ensaio, conforme as premissas de Socoloski e Masuero (2019). A distância entre a câmera e o objeto também foi inserida manualmente, variando entre 3 e 15 metros.

3.1.5 MAPEAMENTO DE DANOS E QUANTIFICAÇÃO DAS ÁREAS DEGRADAS

Essa etapa consiste na tradução das informações levantadas da fachada inspecionada em forma de um desenho, registrando as manifestações patológicas encontradas, sua localização e extensão. Através do mapa de danos é possível a quantificação das manifestações (SILVA, 2014) e definição do seu índice de gravidade (SOCOLOSKI, 2021). Para esse trabalho, foram consideradas as áreas das fachadas do corpo da edificação até a platibanda externa e as fachadas da base da cúpula como demonstrado na Figura 5.

Figura 5: Desenho representativo das manifestações patológicas encontradas na fachada Sul.

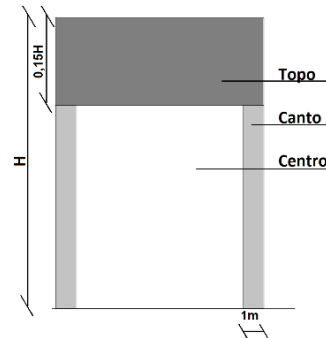


(fonte: elaborado pela autora).

O procedimento para quantificação da degradação consiste em sobrepor uma malha composta por quadros de 0,50x0,50m (0,25m²) sobre o documento com o desenho da fachada e suas respectivas degradações, iniciando na parte inferior esquerda de cada amostra (SOUZA, 2016). Cada unidade da malha serve como base de medição, realizando-se a contagem dos quadros de cada tipo de anomalia para determinar a porcentagem da fachada que degradou em m². A área total da fachada é a soma de todas as áreas presentes (SOUZA, 2016).

Para sobreposição da malha, as fachadas foram divididas em 12 amostras seguindo suas orientações cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste) e a modulação da estrutura da edificação. Cada uma dessas, foi analisada e subdividida entre regiões de maior e menor probabilidade e sensibilidade de incidência de manifestações patológicas, pela adaptação do método de Gaspar e Brito (2005), Antunes (2010) e Socoloski (2021), (Figura 6).

Figura 6: Demonstração de divisão de regiões de análise das fachadas por Socoloski.

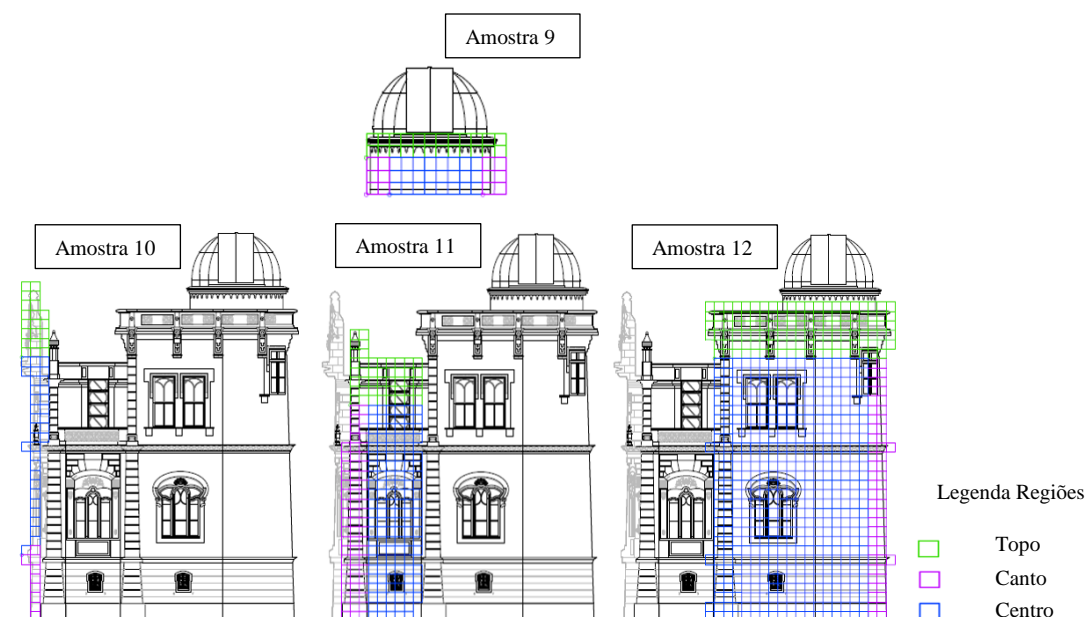


(fonte: SOCOLOSKI, 2021).

Dessa forma, em decorrência da complexidade da arquitetura do OA, as amostras foram separadas entre as regiões de Topo, Canto e Centro conforme o exemplo da fachada Sul (Figura 7), seguindo as orientações de Socoloski (2021). As geometrias curvas presentes no edifício histórico nas partes laterais da fachada Leste e Sul, foram consideradas como canto, por apresentarem maior sensibilidade de ocorrência de anomalias em relação a áreas de centro, considerando os efeitos dos agentes externos sobre o revestimento. Para a separação da base da cúpula, seguiu-se o mesmo raciocínio, tendo cada fachada dividida entre as três classes.

Além disso, elementos que não são de origem cimentícia, como esquadrias de madeira e cúpula metálica, não foram contabilizados nas áreas analisadas.

Figura 7: Divisão da fachada Sul em amostras e regiões.



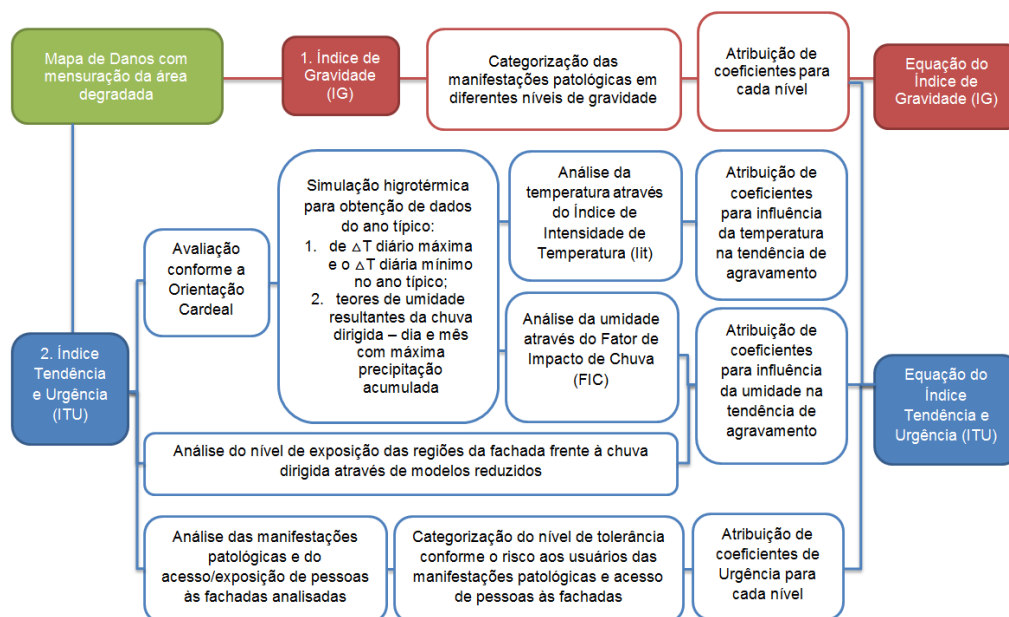
(fonte: Elaborado pela autora).

Após a aplicação da sobreposição de malhas sobre o mapa de danos e divisão das unidades da malha por região, quantificaram-se as manifestações patológicas e anomalias de cada amostra em uma ficha. Possibilitando a análise da incidência dos danos em diferentes locais das fachadas.

3.2 ÍNDICES DE ANÁLISE DE DEGRADAÇÃO

A partir do desenvolvimento do mapeamento de danos, pode-se calcular o Índice de Gravidade (IG) e o Índice de Tendência e Urgência (ITU), que seguem o método desenvolvido por Socoloski (2021) para revestimentos de argamassa. O primeiro índice considera a extensão das manifestações patológicas encontradas e a gravidade de cada uma, atribuindo-lhes coeficientes de acordo com sua magnitude perante a perda de desempenho do sistema, sendo esse, a perda de aderência. O segundo, considera a tendência do agravamento dessas manifestações patológicas através da análise de exposição aos agentes agressivos relacionados a chuva dirigida e incidência solar, variando conforme a orientação cardeal e região da fachada. Apontando, assim, as regiões e orientações mais críticas perante a perda total de desempenho do sistema e que devem receber intervenções de forma prioritária. A Figura 8 apresenta as etapas seguidas por Socoloski (2021) para obtenção das equações de IG e ITU.

Figura 8: Etapas que compõem os índices de Gravidade e Tendência e Urgência



(fonte: SOCOLOSKI, 2021)

3.2.2 ÍNDICE DE GRAVIDADE (IG)

Esse índice relaciona as manifestações patológicas já catalogadas em função de sua gravidade e nível de interferência para o fim da vida útil do revestimento de argamassa, bem como sua extensão. Socoloski (2021) categoriza os níveis de gravidade em: máximo, quando o revestimento externo não fornece mais proteção contra agentes externos, ou seja, necessita de

substituição; intermediário quando as inconformidades podem vir a provocar a perda de aderência do revestimento de argamassa, porém ainda é viável realizar reparos; e considera baixo, as anomalias que deverão passar pelo nível intermediário antes de atingir perda de desempenho do sistema. Ainda, classifica as manifestações patológicas em 5 níveis, atribuindo valores de coeficientes (K_n) para ponderação das áreas afetadas das amostras analisadas (Tabela 1).

Tabela 1: Níveis de gravidade e coeficientes K_n .

Nível	Grau de gravidade	Grupo de manifestações patológicas	Exemplos de manifestações patológicas	Coefficiente (K_n)
-	Baixo	Manchas que não apresentam tendências de deterioração ou aumento de danos ao revestimento	Pichações, desbotamento e alterações de cor devido a incidência solar e pingos de tinta	-
1	Baixo	Manchas que podem levar a outros danos quando não tratadas	Biodegradação, crosta negra, sujidade e fantomes (fantasmas)	0,2
2	Intermediário	Umidade pontual, sem fonte permanente de água	Umidade de construção (obra) e umidade devido a causas fortuitas (acidental)	0,4
3	Intermediário	Fissuras e desgastes superficiais; Eflorescências (depósitos salinos superficiais, que pode vir a causar perda de aderência, pois deixa o revestimento mais suscetível a entrada de agentes externos).	Englobam todos os tipos de fissuras, eflorescências, vesículas e o desgaste superficial do revestimento argamassado	0,6
4	Intermediário	Umidade permanente ou ocasional com fonte de umidade não controlável	Umidade por condensação, umidade ascensional, umidade por precipitação	0,8
5	Máximo	Perda de aderência	Todos os tipos de descolamento e deslocamentos	1,0

(fonte: Socolski, 2021, modificado pela autora).

O cálculo do IG se faz pela soma total das áreas com anomalias multiplicadas por seus respectivos coeficientes de ponderação, pela razão da área total multiplicada pelo coeficiente de nível máximo de gravidade, que sempre será igual a 1 (Equação 1).

$$IG = \frac{\sum(A_n \times k_n)}{A_t \times k_{m\acute{a}x}}$$

Onde:

IG : Índice de Gravidade;

A_n : Área da amostra afetada por uma manifestação patológica n ;

k_n : Coeficiente relacionado à gravidade da manifestação patológica;

A_t : Área total da amostra (m^2);

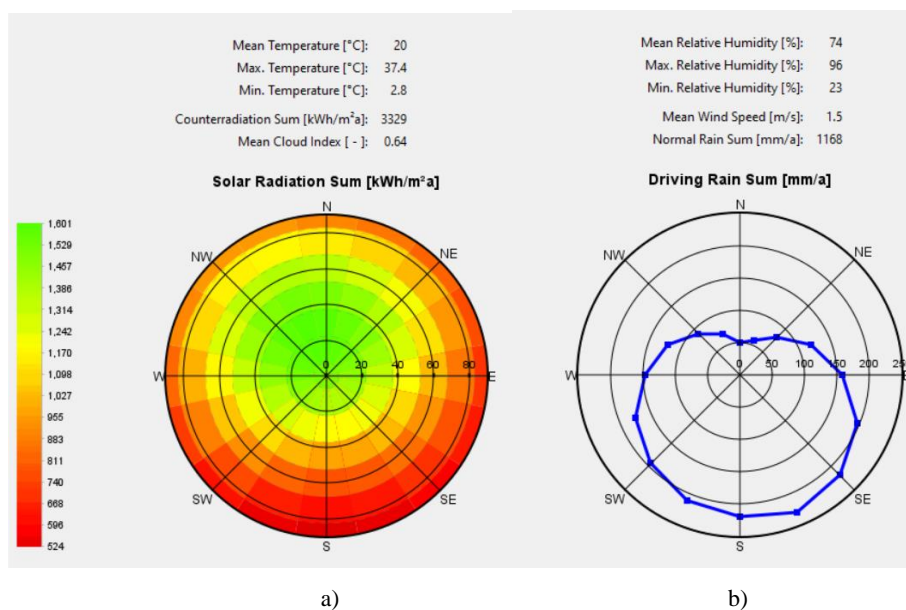
$k_{m\acute{a}x}$: Nível de condição mais elevada da degradação de uma fachada.

3.2.3 ÍNDICE DE TENDÊNCIA E URGÊNCIA (ITU)

O ITU é um indicador que auxilia no prognóstico das anomalias mais graves e quais serão aquelas que tornarão impraticável o reparo no revestimento. Para tanto, esse índice considera as regiões das fachadas mais expostas aos agentes externos, assim como analisa o acesso de pessoas a essas fachadas (SOCOLOSKI, 2021). Através de softwares de simulação higrotérmica, obtém-se a temperatura superficial externa do revestimento da fachada, bem como o teor de umidade pela ação da chuva. Com o primeiro dado, pode-se calcular o valor do Índice de Intensidade de Temperatura (I_{it}) e com o segundo, determina-se o Fator de Impacto de Chuva (FIC).

Para esse trabalho, foi utilizado o software de simulação Wufi® Pró 6.6, desenvolvido pelo Instituto Fraunhofer de Física da Construção. O arquivo climático com dados de um ano típico para a cidade de Porto Alegre foi obtido do INMET (2016), com as atualizações de Roriz (2012). A Figura 9 representa a radiação solar incidente em (kWh/m^2a) e o somatório anual da chuva em (mm/a) para cada orientação.

Figura 9: Análise da incidência de chuva e da radiação solar para a cidade de Porto Alegre.



(fonte: WUFI® Pró 6.6 (2022)).

A Figura 9a, representa as áreas de maior incidência de radiação solar na coloração verde, enquanto que as menores na tonalidade vermelha. Conforme Kleber (2018), para a cidade de Porto Alegre, as maiores incidências de radiação se encontram no Norte, seguidos por Oeste, Leste e Sul. A diferenciação entre as coordenadas Oeste e Leste é decorrente do fenômeno de aquecimento dos corpos terrestres e da atmosfera ao longo do dia, mostrando-se maior para o primeiro. Já na Figura 9b, percebe-se a predominância de chuva dirigida nas orientações Sul e Leste, enquanto a menor incidência ocorre na coordenada Norte, indo de encontro com o estudo de Zucchetti *et al.* (2016), que afirma que a região de maior incidência ocorre no Sudeste.

Os materiais escolhidos para representar o sistema de vedação vertical externo (SVVE) do OA, foram obtidos no próprio software de simulação, optando-se pelo sistema: revestimento de argamassa de cimento de cal para revestimento externo/interno e tijolo sólido envelhecido para substrato. A espessura da argamassa foi constatada a partir do experimento de extração de amostras das fachadas por Verdun (2018), enquanto a espessura dos blocos foi obtida pela redução da dimensão total da parede de 50cm, afirmada por Moraes (2003), pelo total de reboco, chegando ao valor de 46cm. Para a altura da edificação não contabilizou-se a região da cúpula metálica, resultando em uma altura de 17,70m. Questões de pintura externa, como é o caso do valor de S_d foram desconsideradas para a simulação, visto que as manifestações recorrentes desse sistema possuem coeficiente K_n igual a 0, ou seja não possuem relevância para o valor de ITU.

O SVVE foi simulado para 110 anos a partir de ano 1908, onde o mesmo obteve estabilidade dinâmica em 1920, 12 anos após o início da simulação. Os demais parâmetros de entrada necessários para as simulações foram obtidos no trabalho desenvolvido por Kleber (2018), conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Parâmetros de entrada no software WUFI® Pró 6.6.

(continua)

Parâmetro de entrada	Valor	Unidade
Camadas do Sistema de Vedação Vertical Externo		
Reboco de cimento de cal	0,02	m
Tijolo sólido envelhecido	0,46	m
Reboco de cimento de cal	0,02	m
Orientação, inclinação, altura e chuva dirigida		
Inclinação	90	°
Altura	10-20	m
Chuva Incidente – Método WUFI® Pró 6.6	-	L/m ² h
Coefficiente de transferência à superfície		
Resistência superficial externa	0,04	m ² K/W
Valor de S_d	-	M

(conclusão)

Absortividade de Radiação de Onda Curta	0,4	-
Refletividade de ondas curtas do solo	0,2	-
Fator de redução de chuva dirigida	0,7	-
Resistência superficial interna	0,13	m ² K/W
Condições iniciais de contorno		
Umidade inicial	0,8	-
Temperatura inicial	20	°C
Tempo de simulação	110 anos	
Clima		
Clima exterior	Arquivo climático INMET (2016)/Roriz (2012)	
Clima interior	De acordo com a ASHRAE 160	

(fonte: Kleber (2018) adaptado pela autora).

A partir da extração da temperatura superficial externa do revestimento da fachada para um ano típico, divide-se a zona de variação da amplitude térmica diária (ΔT) em 4 faixas igualmente espaçadas (NASCIMENTO, 2016). Devendo essas, estar entre a maior amplitude ($\Delta T_{máx}$) observadas nos dias do ano e a menor ($\Delta T_{mín}$) para todas as orientações solares (Norte, Sul, Leste e Oeste), (Equação 2).

Equação 2

$$I_{it} = \sum \left(\frac{\Delta T_{médio} \times f_n}{f_{total}} \right)$$

Onde:

 I_{it} : Índice de intensidade da temperatura (°C); $\Delta T_{médio}$: Média da amplitude na faixa de ocorrência n correspondente (°C); f_n : Frequência de ocorrência na faixa n (varia de 1 a 4); f_{total} : Frequência de todas as ocorrências nas quatro faixas ($f_{total}:365$)

Com base nos valores de I_{it} , calcula-se o coeficiente relacionado a tendência do aumento do IG pelo índice de temperatura (k_{it}) necessário para o obtenção de ITU. Esse coeficiente, varia de 1 a 2, sendo o primeiro representante de menor impacto em relação ao aumento de gravidade pelo índice de temperatura e o segundo pelo maior (SOCOLOSKI, 2021). O cálculo do coeficiente k_{it} está expresso na Equação 3.

Equação 3

$$K_{it} = 1 + \frac{(2 - 1) \times (I_{it \text{ da orientação}} - I_{it \text{ de menor valor}})}{(I_{it \text{ de maior valor}} - I_{it \text{ de menor valor}})}$$

Onde:

K_{it} : Coeficientes relacionados a tendência do aumento do IG pelo *índice de temperatura*;
 l_{it} : Índice de intensidade de temperatura.

Também pela simulação higrotérmica, pode-se adquirir os resultados de teor de umidade de um ano típico em kg/m^3 para o dia de maior precipitação acumulada dentro do mês de maior precipitação acumulada. Para a determinação do *FIC*, conforme Souza (2019), divide-se o valor de teor máximo de umidade entre o início da chuva e o seu final acrescido de 5 horas, pelo teor de umidade apresentado pela fachada 1 horas antes do início da precipitação (Equação 4).

Equação 4

$$FIC = \frac{(\text{máx}_{t_1 \leq T \leq t_2+5H(T)})}{H_{(t_1-1)}}$$

Onde:

FIC: Fator de Impacto da Chuva;

H: Teor de umidade (kg/m^3);

T: Período de estudo da precipitação da chuva dirigida na fachada (horas), sendo t_1 o horário de início da precipitação e t_2 o horário de fim da precipitação.

Pelos resultados de *FIC* calcula-se o coeficiente relacionados à tendência do aumento do IG pela chuva dirigida (K_{cd}). Assim como o coeficiente relacionado ao índice de temperatura, o K_{cd} também é distribuído entre os extremos 1 e 2 (SOCOLOSKI, 2021). coeficiente K_r , proposto por Socoloski (2021), varia conforme a exposição da chuva dirigida as regiões das fachadas, sendo 0 para os locais de centro, 0,15 para regiões de canto e 0,5 para regiões de topo, aumentando gradativamente conforme a exposição da área perante a chuva direcional (Equação 5).

Equação 5

$$K_{cd} = K_r + 1 + \frac{(1,5 - 1) \times (FIC_{da\ orientação} - FIC_{de\ menor\ valor})}{(FIC_{de\ maior\ valor} - FIC_{de\ menor\ valor})}$$

Onde:

K_{cd} : Coeficientes relacionados à tendência do aumento do IG pela *chuva dirigida*;

K_r : Coeficientes relacionados à região de exposição à chuva dirigida (0; 0,15; 0,5);

FIC: Fator de Impacto da Chuva.

Conforme Socoloski (2021), a atribuição de coeficientes quanto ao nível de periculosidade das manifestações patológicas (k_u) deve ser acentuada para anomalias que gerem danos aos usuários. Onde os três níveis superiores de gravidade devem variar entre baixa e nenhuma tolerância quanto a aproximação de usuários, enquanto que os níveis mais brandos há a permissão de interação do usuário a menos de 2,50m da projeção horizontal da face externa da construção, de acordo com o que preconiza a NR18. Dessa forma, os valores de k_u são 1 para baixa tolerância, 0,5 para média tolerância e 0 para nenhuma tolerância.

Com esses parâmetros é possível calcular o valor *ITU*, pelo somatório das áreas das amostras afetadas pelos seus coeficientes de gravidade (k_n) e pelos coeficiente de temperatura (k_{it}) e chuva dirigida (k_{cd}), respectivamente, todos divididos pela área total (A_t) multiplicada pelo nível mais grave de degradação ($k_{máx}$) igual a 1, somados ao coeficiente k_u , conforme a Equação 6.

Equação 6

$$ITU = k_u + \frac{\sum(A_n \times k_n \times k_{it}) + (A_n \times k_n \times k_{cd})}{A_t \times k_{máx}}$$

Onde:

ITU: Índice de Tendência e Urgência da amostra;

A_n : Área da amostra afetada por uma anomalia n (m²);

k_n : Coeficiente relacionado a gravidade da manifestação patológica;

k_{it} : Coeficientes relacionados a tendência do aumento do IG pelo *índice de temperatura*;

k_{cd} : Coeficientes relacionados a tendência do aumento do IG pela *chuva dirigida*;

k_u : Coeficientes relacionados a urgência de intervir;

$k_{máx}$: Nível de condição mais elevada da degradação de uma fachada de área A (1);

A_t : Área total da amostra (m²).

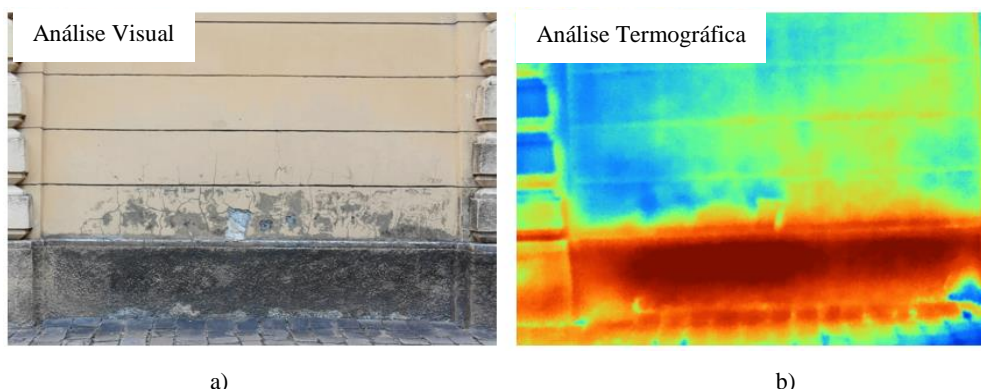
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados identificados serão apresentados e discutidos neste capítulo.

4.1 MAPA DE DANOS

O mapeamento de danos das fachadas do OA foi obtido pela análise do levantamento visual, teste à percussão e estudo termográfico, conforme explicado no item 3 desse trabalho. A Figura 10 exemplifica o método aplicado, através da análise da parte inferior esquerda da Fachada Norte. Pela verificação visual, determina-se a presença de manifestações patológicas como: degradação da pintura com bolhas, descascamentos e microfissuras; sujidades; fissuras generalizadas e fissuras mapeadas; deslocamentos e manchamentos por biodeterioração. Pela investigação termográfica, é possível reafirmar a presença da última manifestação pelos tons mais escuros na base da edificação. Quanto aos tons esverdeados, é possível que, pela redução de temperatura, que sejam provenientes da ocorrência de umidade pluvial, que infiltra pela fissuras e áreas deslocadas visualizadas. Já para os locais com coloração mais azulada, ou seja, mais fria que seu entorno, infere-se como descolamento do revestimento, sendo comprovado pelo teste a percussão na região, conforme explicado no item 3.1.4.

Figura 10: Análise do levantamento do Mapa de Danos – Parte inferior esquerda da Fachada Norte
(a) Análise visual e (b) Análise Termográfica.



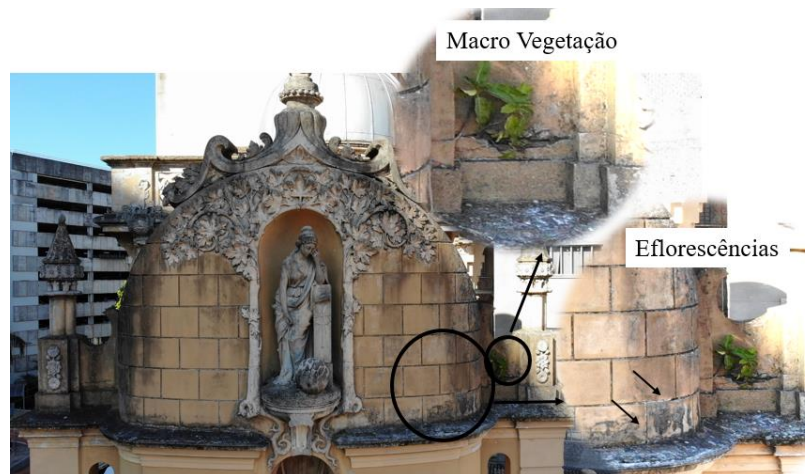
a)

b)

(fonte: elaborado pela autora).

Além dessas, outras manifestações foram catalogadas nas fachadas do OA, sendo elas: desagregação superficial, umidade pluvial e ascendente, eflorescências e biodeterioração por agentes biológicos como animais, insetos e vegetação. Segundo Sousa *et al.* (2011), microorganismos e outros agentes biológicos podem levar a anomalias estéticas e visuais. Dessa forma, a biodeterioração por vegetação foi subdividida entre micro vegetações para aquelas que representam baixo risco quanto à deterioração superficial, como é o caso de líquens e fungos, e macro vegetação para aquelas julgadas capazes de provocar e aumentar fissuras, como pode ser visto na Figura 11, localizada no topo da Fachada Oeste. Na mesma figura, destaca-se a manifestação de eflorescências junto a argamassa de rejunte dos blocos de alvenaria. Essa anomalia ocorre pelos depósitos salinos superficiais, que se expandem causando manchamentos esbranquiçados (CHWAST *et al.*, 2015; PEREIRA; BRITO; SILVESTRE, 2018).

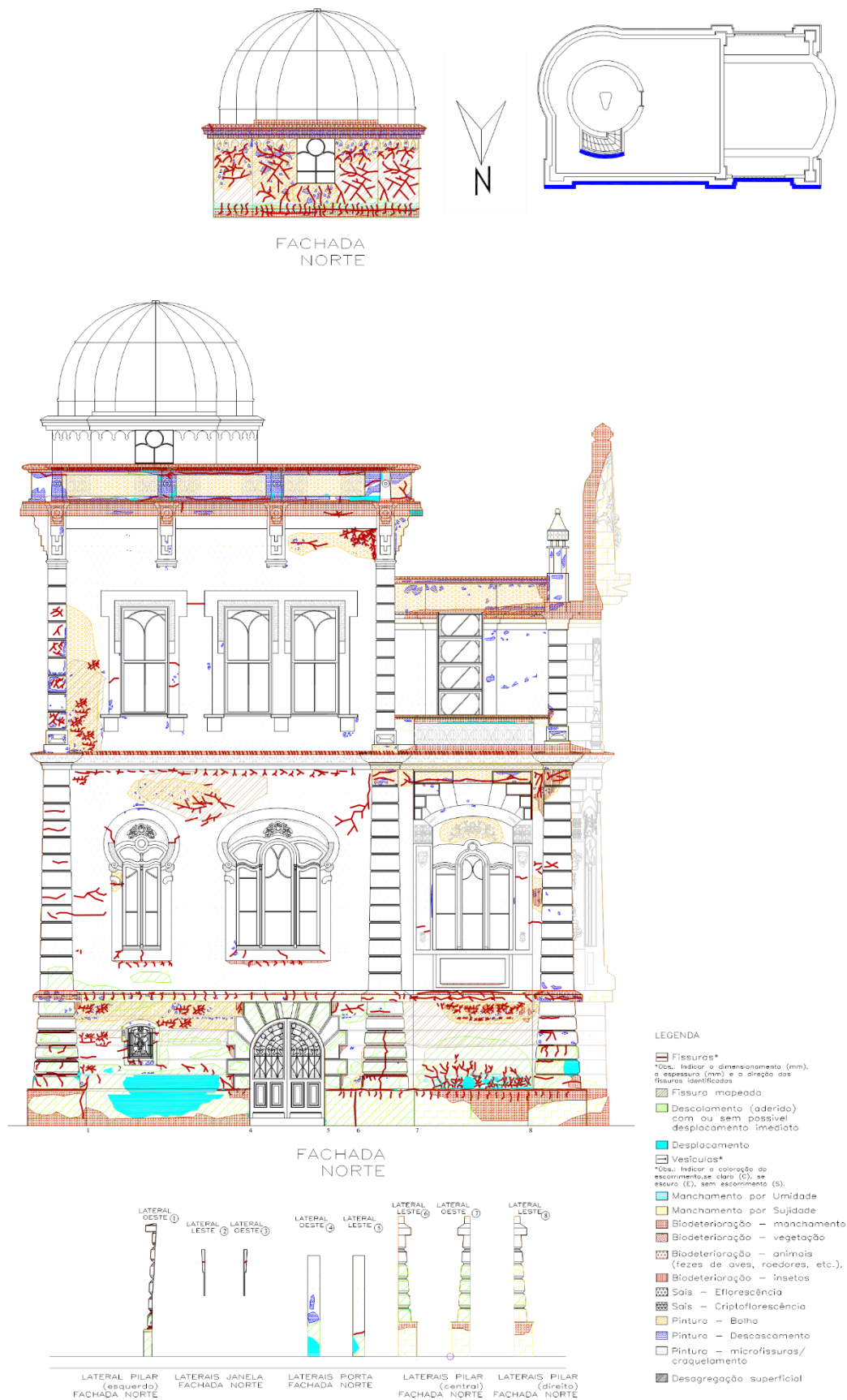
Figura 11: Manifestação de Eflorescência e Macro Vegetação na Fachada Oeste.



(fonte: elaborado pela autora).

O resultado obtido para o mapa de danos das fachadas é apresentado nas Figura 12-15. Para melhor visualização, o mesmo mapeamento se encontra no apêndice A desse trabalho, contendo todas as manifestações. Porém, para melhor visualização dos danos intermediários e graves, o Apêndice B contém o mapeamento com as manifestações patológicas de nível 3,4 e 5.

Figura 12: Mapa de Danos Fachada Norte



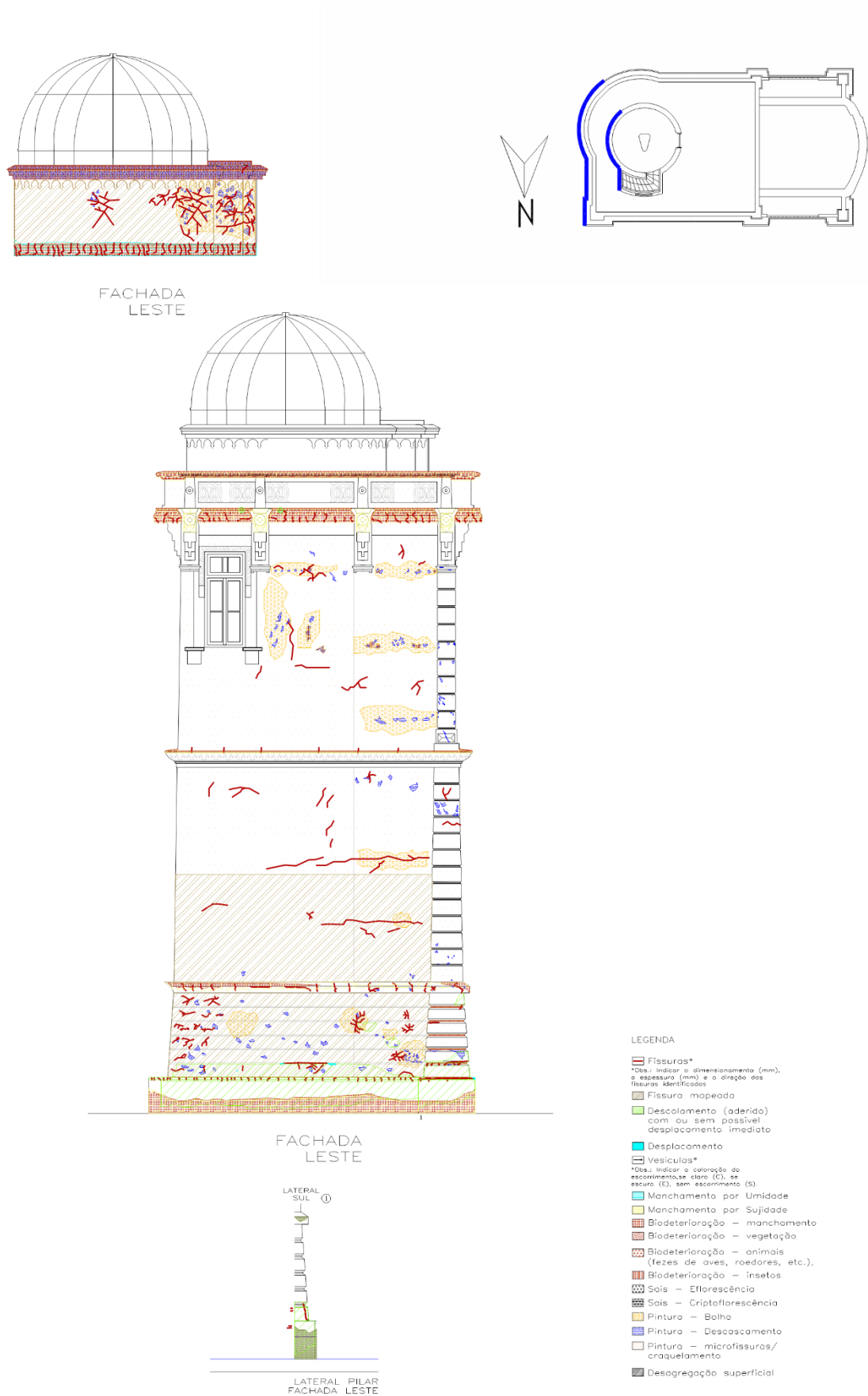
(fonte: elaborado pela autora).

Figura 13: Mapa de Danos Fachada Sul



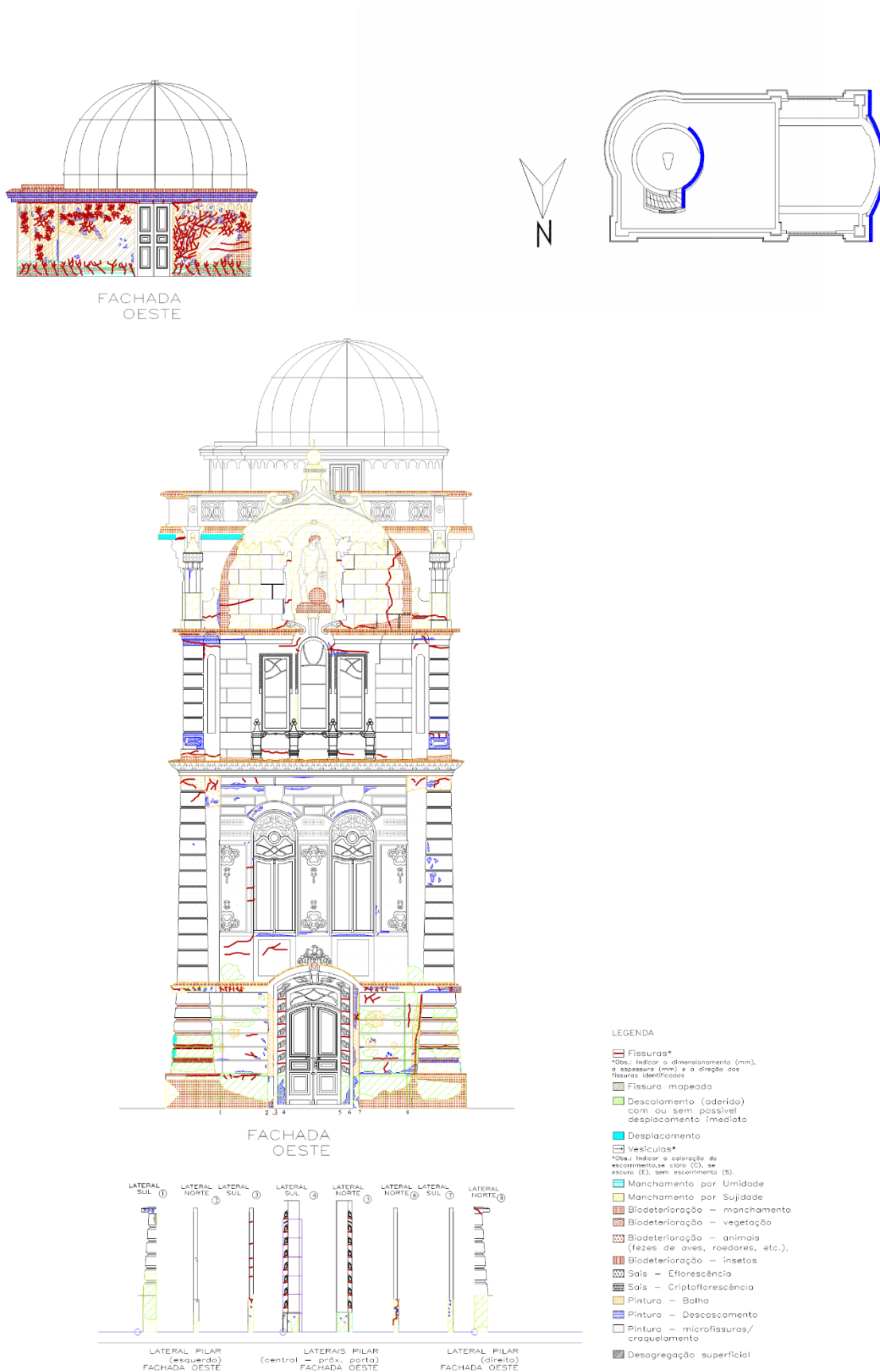
(fonte: elaborado pela autora).

Figura 14: Mapa de Danos Fachada Leste.



(fonte: elaborado pela autora).

Figura 15: Mapa de Danos Fachada Oeste.



(fonte: elaborado pela autora).

A sobreposição da malha sobre as fachadas e a sua divisão em amostras pode ser visualizada no apêndice C. Para melhor análise entre as amostras, e pela divisão malha em regiões, houve a necessidade de aplicar nova grade sobre o trabalho realizado por Verdun (2018), havendo dessa forma, uma nova contagem das manifestações levantadas em 2018. Em decorrência de uma atualização das plantas arquitetônicas no ano de 2019 fornecidas pela SUINFRA, ocasionando uma diferenciação entre a contagem de quadros de 2018 do presente trabalho. Dessa forma, para fins de comparação, a análise foi realizada pela relação entre as manifestações encontradas com a área de cada malha aplicada (área degradada/área total).

A contagem das manifestações patológicas encontradas seguiu a classificação proposta por Socolski (2021), sendo avaliadas de acordo com seu grau e risco (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação das Manifestações Patológicas OA

Nível	Grau de gravidade	Manifestações patológicas OA
0	Baixo	Bolhas; Descascamentos e Microfissuras na Pintura
1	Baixo	Manchamento por Sujidade e Biodeterioração; Biodeterioração por Insetos, Animais e Micro Vegetação.
2	Intermediário	Não identificada.
3	Intermediário	Eflorescências; Fissuras; Fissuras Mapeadas; Desagregação Superficial.
4	Intermediário	Umidade ascensional; Umidade de precipitação.
5	Máximo	Biodegradação por Macro Vegetação; Descolamento; Desplacamento.

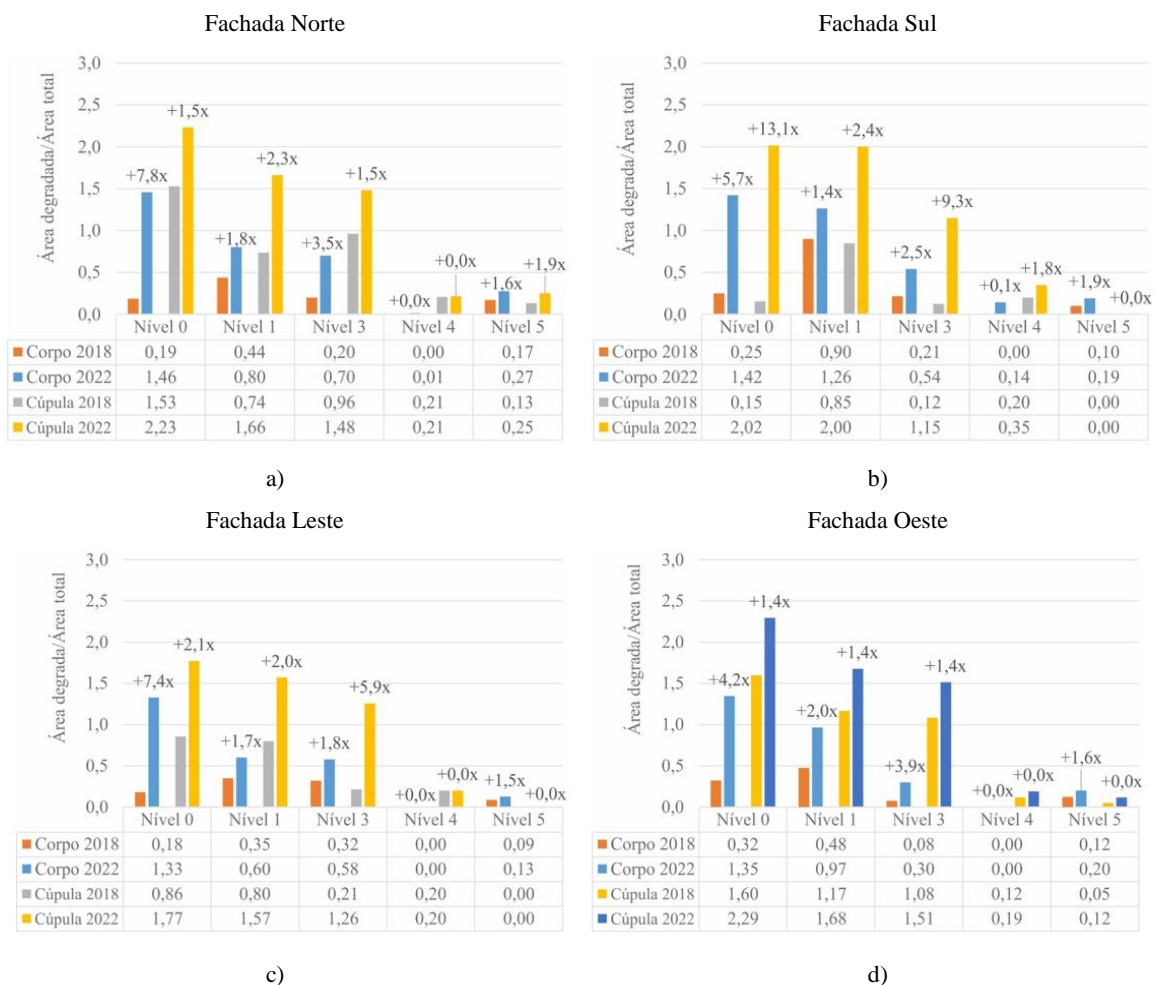
(fonte: elaborado pela autora).

A análise do crescimento de quadros de anomalias separados por níveis de gravidade para as fachadas do OA do corpo do edifício (Corpo) e base da cúpula (Cúpula), para os anos de análise, pode ser visualizada na Figura 16. Percebe-se que as manifestações de nível 0 e 1, relacionadas a perda estética da edificação destacam-se acerca das demais, enquanto que para ambos os estudos, não foram identificadas manifestações de nível 2.

O aumento de danos de nível de gravidade 0, do qual a especificação está vinculada a desgastes na pintura, oscila entre 4,2 a 7,8 vezes o valor de 2018 para o corpo da edificação e de 1,4 a 13,1 vezes para a base da cúpula. De acordo com a norma NBR 15575-1, para o sistema de pinturas externas a vida útil mínima exigida é de 8 anos, podendo chegar a no máximo 12 anos (ABNT, 2021a). Segundo Tonoli (2014), a última execução de pintura externa no edifício ocorreu na sua restauração em 2002. Sendo assim, a camada de pintura do OA, ultrapassa o tempo de vida útil do sistema. Já para manifestações de nível 1, referente a manchamentos e sujidades, o acréscimo de deterioração variou entre 1,4 e 2,0 vezes o valor de 2018 para o corpo do edifício e entre 1,4 e 2,4 para a base da cúpula. De acordo com informações obtidas com o corpo técnico do OA, o último jateamento nas fachadas ocorreu em abril de 2012, indo contra o que preconiza a NBR 5674, cuja orientação consiste na lavagem completa da fachada e verificação de todos os elementos do sistema no mínimo a cada 3 anos (ABNT, 2012a).

A ocorrência de fissuras e desgastes superficiais, nível de gravidade 3, também tiveram um aumento significativo, tendo maior proporção de área degradada em relação ao estudo de 2018 na região da base da cúpula. A presença de manifestações das quais a umidade é causa ou agente da degradação mostrou-se predominantemente na orientação Sul, tanto na base da cúpula quanto no corpo da edificação, podendo ser associado a pouca radiação solar e elevada incidência de chuva dirigida. Anomalias de grau 5, também aumentaram, tendo praticamente dobrando sua área de dano em relação a 2018 no corpo do OA e na orientação Norte na base da cúpula.

Figura 16: Comparação entre níveis de gravidade de manifestação patológica levantadas em 2018 e 2022 para cada fachada do OA. (a) Norte, (b) Sul, (c) Leste e (d) Oeste.



(fonte: elaborado pela autora).

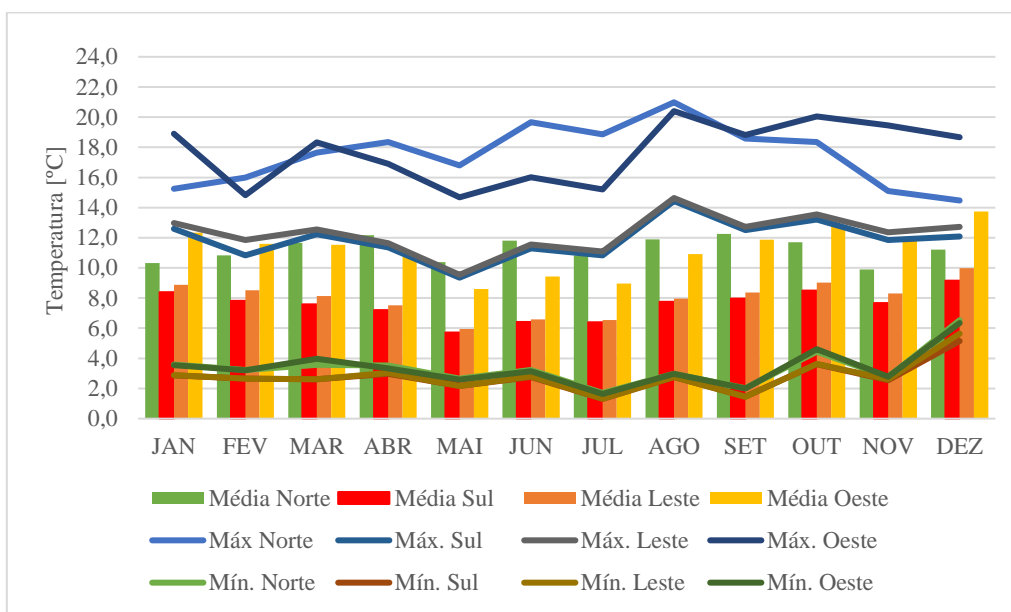
4.2 AVALIAÇÃO CONFORME ORIENTAÇÃO CARDEAL

Os resultados de I_{it} (Índice de intensidade de temperatura) e K_{it} (Coeficientes relacionados a tendência do aumento do IG pelo índice de temperatura), bem como os valores de FIC (Fator de Impacto da Chuva) e K_{cd} (Coeficientes relacionados a tendência do aumento do IG pela chuva dirigida) obtidos através da simulação higrótérmica, serão discutidos na sequência.

4.2.1 ÍNDICE DE INTENSIDADE DE TEMPERATURA (I_{it})

A simulação higrotérmica realizada no software, possibilitou a extração da temperatura superficial externa da camada de revestimento de argamassa para um ano típico, conforme visualizado na Figura 17. Nela é possível confirmar que as menores incidências de radiação ocorrem no Sul e no Leste, enquanto as maiores se dão no Norte e no Oeste.

Figura 17: Temperatura média, máxima e mínima na camada externa do revestimento para cada orientação.



(fonte: elaborado pela autora).

A variação térmica diária máxima e mínima para o sistema simulado foi de 20,98 °C e 1,31 °C, respectivamente. A partir delas, definiu-se as 4 faixas igualmente espaçadas para a análise de frequências (f_n) utilizadas para o cálculo do I_{it} (Tabela 4).

Tabela 4: Frequência (f_n) para cálculo do Índice de intensidade de temperatura (I_{it}).

Faixa	ΔT [°C]	Orientação Cardinal			
		Norte	Sul	Leste	Oeste
4	$20,98 \geq T > 16,06$	41	0	0	52
3	$16,06 \geq T > 11,15$	171	34	55	144
2	$11,15 \geq T > 6,23$	98	207	198	110
1	$6,23 \geq T \geq 1,31$	55	123	112	59

(fonte: elaborado pela autora).

A Tabela 5 apresenta os valores para o revestimento externo do OA, bem como os coeficientes de impacto da temperatura (K_{it}) resultantes.. Os resultados serão utilizados para a análise de 2018 e de 2022, visto que se buscou a estabilidade dinâmica do sistema para extração dos dados, sendo válida para ambas os anos de estudo.

Tabela 5: Índice de intensidade de temperatura (I_{it}) e coeficiente de impacto de temperatura (K_{it}) para cada orientação cardinal.

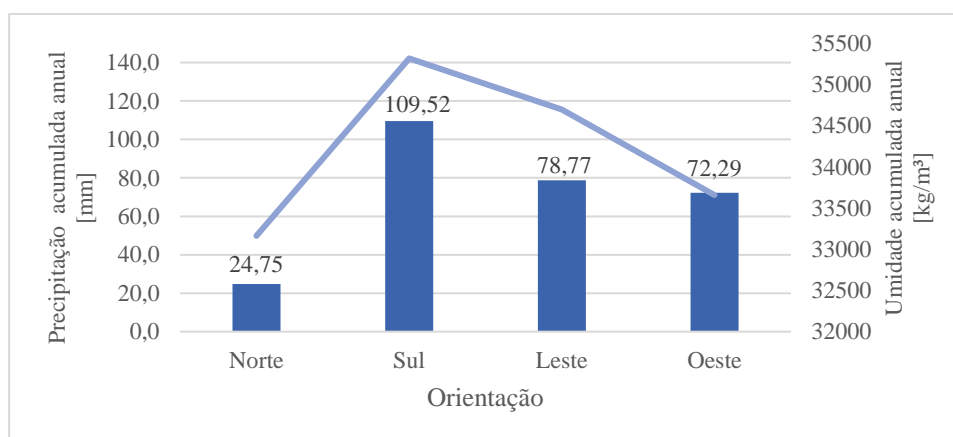
Índice	Orientação Cardinal			
	Norte	Sul	Leste	Oeste
I_{it}	11,35	7,76	7,92	11,23
K_{it}	2,00	1,00	1,12	1,97

(fonte: elaborado pela autora).

4.2.2 FATOR DE IMPACTO DE CHUVA (FIC)

Para o cálculo do fator de impacto da chuva (FIC) é necessário os dados de precipitação e umidade para o ano de estabilidade dinâmica do revestimento externo. Esses valores foram obtidos pela simulação higrotérmica e estão apresentados na Figura 18. Através desses, confirma-se que as orientações com a maiores incidências de precipitação de chuva dirigida e umidade acumulada são a Sul e a Leste.

Figura 18: Precipitação e Umidade acumuladas para ano típico.



(fonte: elaborado pela autora).

Por meio da análise dos valores de chuva, é possível determinar o dia e o mês de maior precipitação por fachada (Tabela 6). Percebe-se que a precipitação acumulada mensal e diária para a orientação Oeste se sobrepõe as demais, mostrando que o dia de maior incidência não representa necessariamente o que ocorre no conjunto anual.

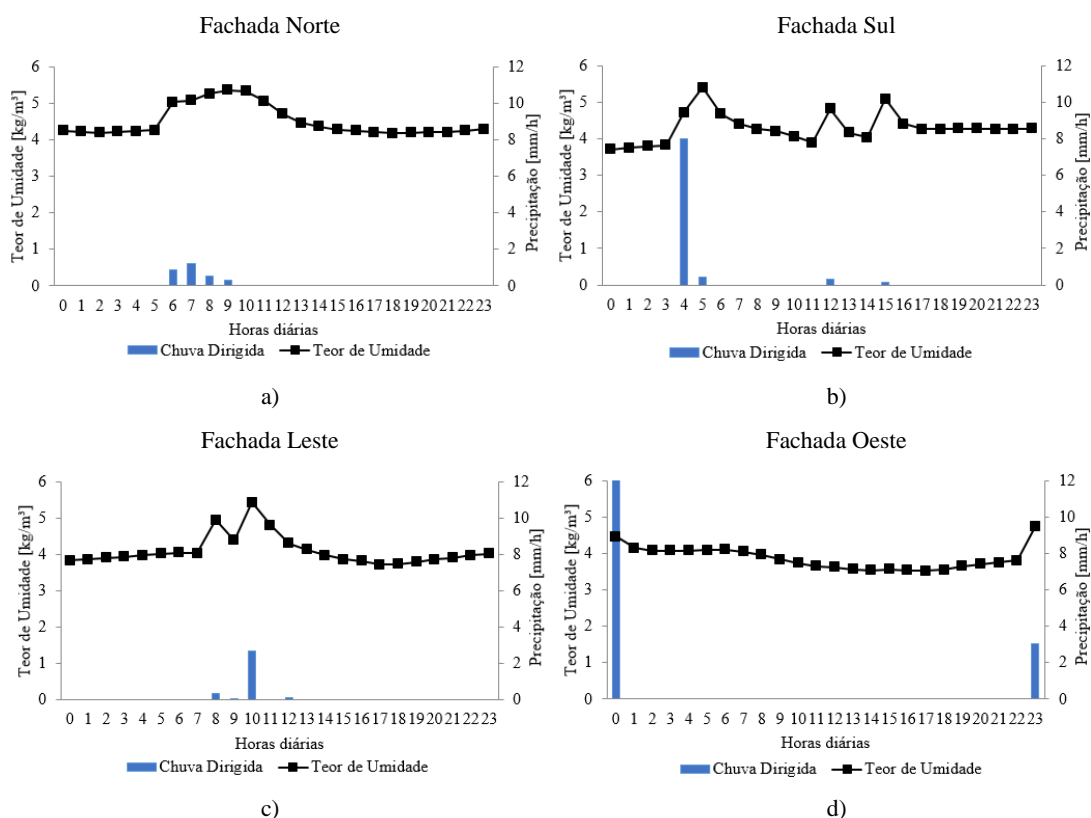
Tabela 6: Dia e mês com maior precipitação acumulada.

Orientação	Mês de maior precipitação acumulada	Precipitação acumulada no mês [mm]	Dia de maior precipitação acumulada	Precipitação acumulada no dia [mm]
Norte	Novembro	5,15	06/nov	2,90
Sul	Dezembro	21,62	18/dez	8,86
Leste	Janeiro	15,72	02/jan	3,26
Oeste	Dezembro	29,54	24/dez	15,28

(fonte: elaborado pela autora).

Para o cálculo do FIC, é necessário a investigação do período de chuva em horas, bem como a sua respectiva umidade para o momento. A verificação dos teores de umidade referentes ao período de tempo do dia e mês de máxima precipitação acumulada para cada orientação solar, estão dispostas na Figura 19. Com base na referida figura conclui-se que apesar de a fachada Oeste não ser a de maior percentual de chuva acumulada, apresenta para o dia 24 de dezembro uma hora de chuva torrencial, enquanto as demais fachadas possuem chuvas com menor intensidade e esparsas ao longo de mais horas do dia.

Figura 19: Precipitação e teor de umidade no revestimento externo por orientação: (a) norte; (b) sul; (c) leste; (d) oeste.



(fonte: elaborado pela autora).

Os valores de *FIC* para suas respectivas orientações, bem como o teor de umidade correspondente ao momento de máxima precipitação constam na Tabela 7.

Tabela 7: Horários correspondentes aos valores de umidade necessários para o cálculo do FIC.

Orientação	$t_1 - 1$		t_1		$t_2 + 5$		Máximo teor de umidade entre t_1 e $t_2 + 5$	<i>FIC</i>
	[h]	[kg/m³]	[h]	[kg/m³]	[h]	[kg/m³]		
Norte	3	4,22	4	4,23	13	4,45	5,35	1,27
Sul	3	3,83	4	4,71	10	4,07	5,40	1,41
Leste	7	4,02	8	4,94	17	3,72	5,43	1,35
Oeste	23	3,50	0	3,58	6	4,09	4,47	1,28

(fonte: elaborado pela autora).

A partir do *FIC* pode-se calcular o coeficiente relacionado a chuva dirigida (K_{cd}) pela divisão de regiões (Tabela 8).

Tabela 8: Coeficiente (K_{cd}) por região

Orientação	Coeficiente (K_{cd}) por região		
	Topo	Canto	Centro
Norte	1,50	1,15	1,00
Sul	2,00	1,65	1,50
Leste	1,79	1,44	1,29
Oeste	1,53	1,18	1,03

(fonte: elaborado pela autora).

4.3 ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO

O acompanhamento do estado das fachadas históricas é essencial à compreensão da sua condição de conservação, sendo possível por meio dele, identificar os processos de degradação e suas causas, para então, sugerir ações de intervenção quando necessárias (VERDUN *et al.*, 2021). Pela aplicação do método proposto por Socoloski (2021), é possível verificar a evolução e agravamento das manifestações patológicas no revestimento externo de argamassa do OA na comparação entre o levantamento de 2018 com o de 2022.

A Tabela 9 e Tabela 10, apresenta os resultados dos indicadores de cada orientação para o corpo da edificação e base da cúpula, respectivamente. Percebe-se que os maiores valores de IG e ITU são pertinentes à base da cúpula para ambos anos de análise. A identificação do considerável número de manifestações na região, bem como o seu elevado crescimento após quatro anos, pode ser justificada pela exposição direta aos agentes climáticos. Conforme o estudo de conservação do sistema de revestimento de mármore do Palácio do Congresso Brasileiro levantado por Lima *et al.* (2021), em conjunto com o envelhecimento natural das edificações, os agentes climáticos são uma das principais causas da degradação. No entanto, Bauer *et al.* (2021) afirma que apesar de serem importantes no desenvolvimento da danificação do sistema externo, não são causadores exclusivos, pois a propagação da deterioração é resultado de vários agentes, mecanismos e fatores.

Tabela 9: Índice de Gravidade (IG) e Índice de Tendência de Urgência (ITU) para o Corpo do Edifício

Orientação	2018		2022	
	IG médio	ITU médio	IG médio	ITU médio
Norte	0,40	2,43	0,87	4,13
Sul	0,38	2,16	0,71	3,18
Leste	0,35	1,87	0,60	2,51
Oeste	0,22	1,67	0,57	2,80

(fonte: elaborado pela autora).

Tabela 10: Índice de Gravidade (IG) e Índice de Tendência de Urgência (ITU) para a Base da Cúpula

Orientação	2018		2022	
	IG médio	ITU médio	IG médio	ITU médio
Norte	1,02	3,79	1,64	5,69
Sul	0,40	1,95	1,37	5,51
Leste	0,45	2,16	1,23	3,68
Oeste	1,03	3,81	1,51	5,33

(fonte: elaborado pela autora).

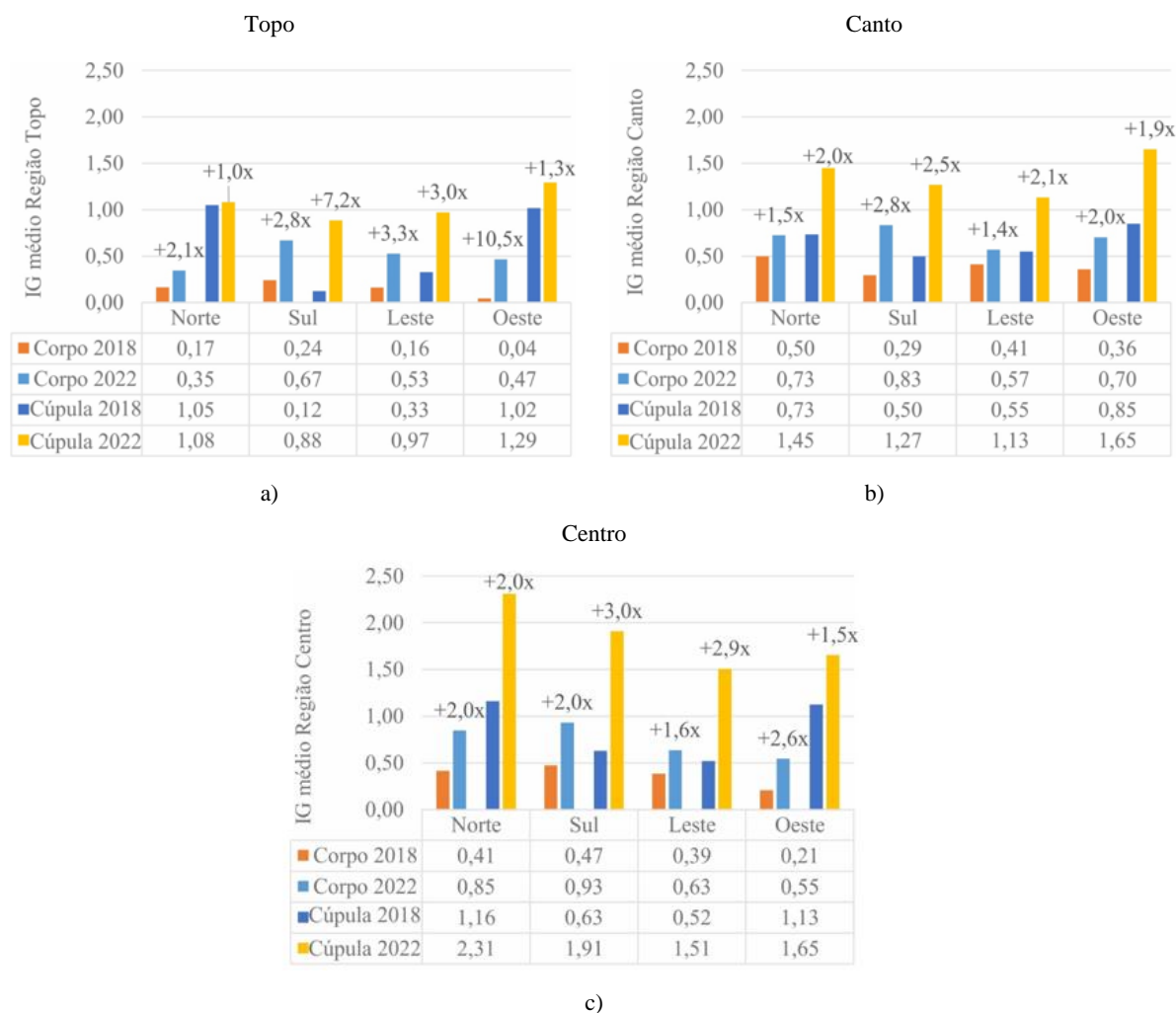
Os resultados de IG e ITU médios para o corpo do edifício projetaram-se de forma condizente entre os anos de 2018 e 2022, sendo a fachada Norte as de maiores índices, precedido pela Sul. Quanto às fachadas Leste e Oeste, pontua-se que em 2018, a primeira possuía maior manifestações patológicas presentes, cuja tendência de degradação e agravamento era superior a última. Em 2022, isso se confirmou, visto IG médio de Leste ser superior ao do Oeste. Porém, a orientação Oeste possui maior atuação de agentes agressivos, fazendo com que mesmo com manifestações em 2018 mais brandas, atingisse em 2022 um IG menor, mas próximo da orientação Leste. A partir do momento de realização desse trabalho, caso não ocorra intervenções, a tendência é ela degradar de forma mais veloz que Leste, pois já apresenta manifestações agravadas e os agentes atuantes são mais intensos.

Analisando os indicadores de 2018 para a base da cúpula, percebe-se que as orientações Norte e Oeste tinham valores próximos de IG e ITU médios, sendo Oeste ligeiramente superior ao Norte. Indicando, dessa forma, que Oeste deveria ter um avanço de degradação maior que Norte ao longo do tempo. Tal fato, não se refletiu para o ano de 2022, cujos resultados de Norte se mostram superiores tanto para IG, quanto para ITU. Isso se repete quando se compara as fachadas Sul e Leste no ano de 2018. Onde a primeira mostra-se com índices inferiores em relação a segunda, cuja progressão de degradação deveria ser mais lenta que a região Leste. Fato esse, que se mostrou inverso para 2022. Percebe-se, deste modo, que o ITU calculado para 2018 não corresponde ao avanço da degradação detectado em 2022 para a base da cúpula. Tal fato pode estar relacionado a sua geometria circular, visto que o índice é calculado pela análise dos coeficientes das regiões de topo, canto e centro, que diferem das edificações prismáticas estudadas por Socolski (2021), influenciado, dessa forma seu valor de ITU.

Avaliando o índice de gravidade médio (IG médio) para as regiões de topo, canto e centro para o corpo da edificação (Corpo) e a base da cúpula (Cúpula) para todas as orientações e anos de estudo (Figura 20), nota-se que em média os maiores acréscimos de manifestações ocorrem nas regiões de topo. De acordo com Socolski (2021), as regiões de topo são mais susceptíveis a ação de agentes climáticos, visto estarem mais expostas à ação de chuvas dirigidas, incidência solar, influência da altura do prédio e pressão dos ventos. Indo de encontro a isso, nota-se que a

fachada Sul e Oeste da base da cúpula aumentaram seus valores de IG médio de topo na ordem de 7,2 vezes e 10,5 vezes o valor de 2018, indicando a velocidade de degradação nessa região.

Figura 20: Índice de Gravidade médio (IG médio) para cada fachada e orientação para os anos 2018 e 2022
a) Topo b) Canto c) Centro



(fonte: elaborado pela autora).

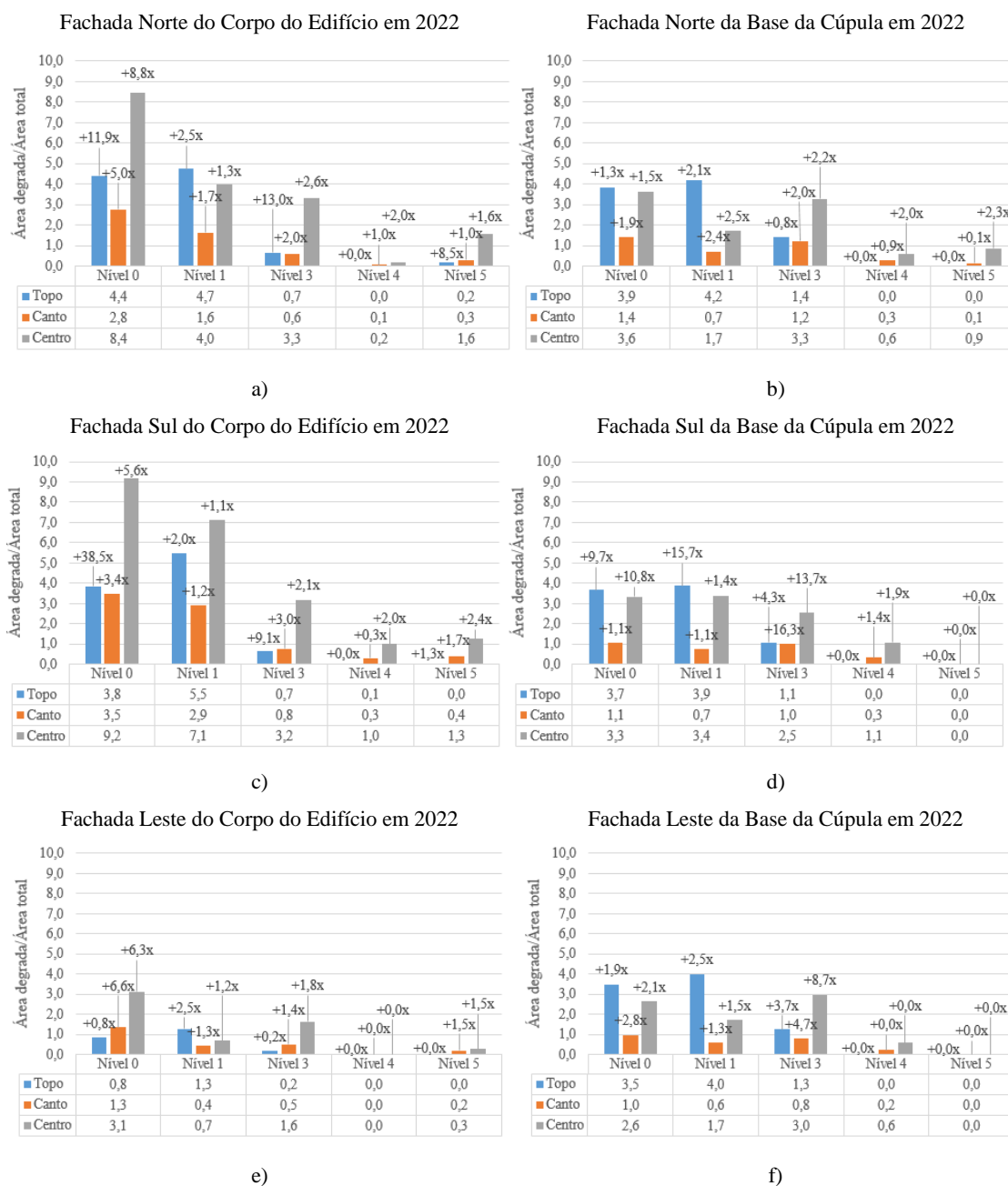
Apesar de também sofrerem de maneira mais intensa a atuação dos agentes climáticos, o IG médio da região de canto do OA aumentou de maneira parecida com a região de centro, praticamente dobrando sua área afeta para todas as fachadas. Ainda que a porcentagem de crescimento seja superior no topo, os valores de IG médio absolutos para cada região, mostraram-se mais expressivos para o centro, seguido de canto e topo. Além disso, ao longo dos anos de análise os valores da fachada Leste mostraram-se muitos similares para o corpo do edifício para ambas as regiões e enquanto que a fachada Oeste mostrou o mesmo valor de IG médio para canto e centro para a base da cúpula.

Os níveis de manifestações patológicas mais recorrentes no corpo da edificação e base da cúpula para cada orientação para o ano de 2022 podem ser visualizados na Figura 21. Além disso, na mesma figura, há o valor de acréscimo das áreas degradadas pelas áreas totais entre 2018 e 2022. Os gráficos de distribuição entre as regiões de topo, canto e centro para o ano de 2018 se

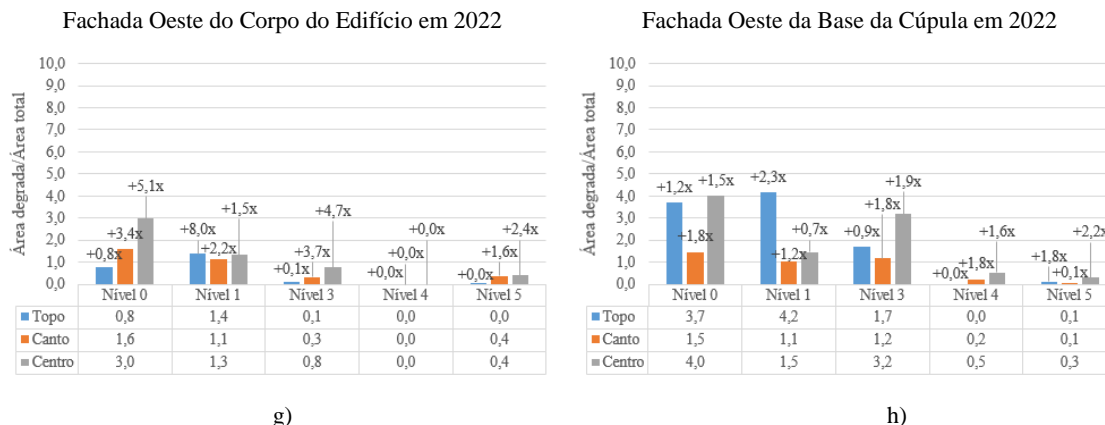
encontram no Apêndice D desse trabalho. Assim como analisado no item 4.1, os níveis de gravidade mais brandos, 0 e 1, foram o que tiveram maiores destaques entre os anos de estudo. Apesar de os maiores valores pertencerem ao sentido Norte, a região de topo da orientação Sul foi a que obteve os maiores valores de crescimento, tendo o maior acréscimo quanto a manifestação de nível 0 para o corpo da fachada, enquanto a fachada da base da cúpula obteve o maior incremento de manifestações de nível 1.

Figura 21: Distribuição das manifestações patológicas encontradas por nível de gravidade nas regiões de topo, canto e centro para as orientações do corpo do edifício e base da cúpula para 2022 com valor de crescimento em relação ao ano de 2018.

(continua)



(conclusão)



g)

h)

(fonte: elaborado pela autora).

Manifestações de fissuras, pertencentes ao nível 3, apresentaram progresso de degradação avançado. Infere-se tal fato, pois em todas as fachadas expandiram sua área degradada em consideração ao estudo de 2018, estando localizadas principalmente nas regiões de topo e centro. Sendo a orientação Norte do corpo da edificação a com maior crescimento para o topo, com ampliação de 13 vezes o valor de sua degradação em relação a 2018. Ao passo que, o maior aumento de danificação desse nível para regiões de centro é a da base da cúpula do sentido Leste, com praticamente 9 vezes o resultado de 2018. A região de canto que mais teve relevância foi a fachada Sul da base da cúpula, onde o valor de quadros deteriorados teve um acréscimo de 16,3 vezes ao valor encontrado em 2018.

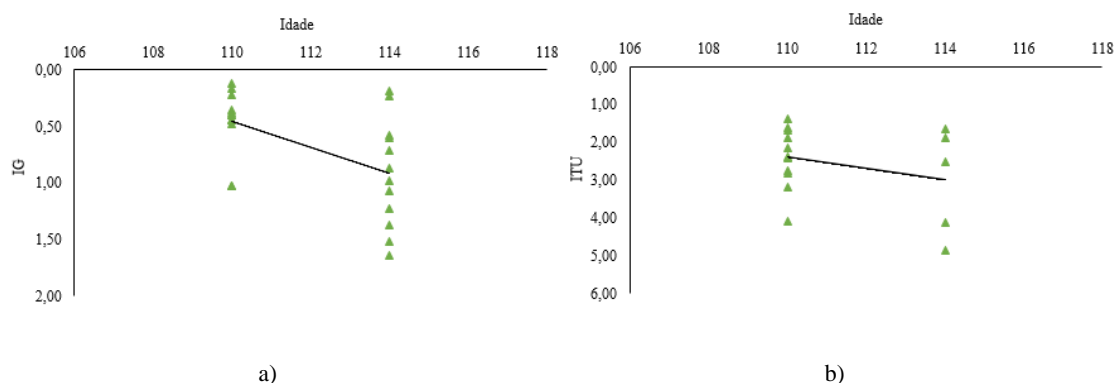
Anomalias de nível 4 apresentam evolução principalmente nas regiões de centro da orientação Norte e Sul, podendo ser visualizadas tanto para o corpo do OA quanto para a base da cúpula. Já para as direções Leste e Oeste, não houve anomalias desse grau para o corpo, enquanto que para a base da cúpula, a manifestação se manteve constante ao longo dos 4 anos de análise para a primeira orientação. Para a orientação oposta, praticamente dobrou de tamanho quando comparado aos valores de 2018.

Danos de severidade máxima, ou seja, grau 5, também se mostraram presentes principalmente nas regiões de centro. Para o corpo da edificação na orientação Norte, entretanto, foi possível identificar áreas com deslocamento mais avançado em sua platibanda, elevando consideravelmente o número de quadros degradados em relação a outras orientações. Consta-se então, que as regiões mais afetadas para o OA, são o centro, canto e topo, respectivamente. Assim como explicado anteriormente neste mesmo item, considera-se que a arquitetura da edificação possa ter influenciado na ordem das regiões de maior ocorrência das manifestações patológicas.

Dessa forma, apesar de não seguir a progressão esperada de deterioração para a base da cúpula, tanto essa quanto o corpo da edificação obtiveram significativo avanço de degradação. Através do gráfico polinômio para as idades de 110 anos e 114 anos, relativos aos anos e 2018 e

2022 (Figura 22a), é possível verificar o avanço de IG para ao corpo e base da cúpula. Enquanto que a Figura 22b, demonstra a tendência de agravamento do corpo da edificação.

Figura 22: Índice de Gravidade (IG) e Índice de Tendência de Urgência (ITU) vs idade analisadas.



(fonte: elaborado pela autora).

5 CONCLUSÕES

A conservação do prédio do OA é imprescindível para a comunidade pelo seu valor histórico e cultural. A partir dos estudos realizados, constatou-se uma piora relevante de manifestações patológicas entre os anos de 2018 e 2022, alcançando uma linha crescente de degradação do seu revestimento externo. Apesar dos maiores valores referenciarem-se a anomalias de nível de gravidade baixo e intermediário, a proporção de acréscimo das manifestações cuja severidade aponta para o fim da vida útil do sistema é preocupante para o intervalo de 4 anos entre os levantamentos. Dessa forma, a demora quanto à iniciativa para a realização de intervenções do OA, acarretou em uma piora significativa dos quadros mais graves, tornando inviável a utilização de ações de manutenção nessas áreas, visto a necessidade de medidas mais invasivas, como é o caso de restauro e reabilitação. Tais procedimentos deveriam ser evitados ao máximo, pois alteram os elementos históricos e vão contra o conceito de conservação original da edificação (VERDUN, 2018).

O monitoramento das condições das fachadas é de suma importância para o entendimento da evolução da degradação no revestimento externo, bem como evidenciar as regiões mais afetadas por elas. Através do Índice de Gravidade (IG) proposto por Socoloski (2021), foi possível avaliar manifestações de cunho mais agressivo de danos, apontando locais cujo grau de gravidade se mostrou mais presente, causando ou podendo provocar, a perda de desempenho do sistema. Pela análise da comparação dos Índices de Gravidade entre as amostras para o ano de 2022, afirma-se que as regiões mais degradadas são referentes a base da cúpula, o que vai de encontro com o levantamento de 2018. Ainda, averiguando quanto as demais regiões do OA, o corpo das fachadas mais afetadas são a Norte e Sul, procedidas pela Leste e Oeste.

A aplicação do Índice de Tendência e Urgência (ITU), também parte do método de acompanhamento indicado por Socoloski (2021), permite mensurar a tendência das manifestações patológicas evoluírem para maiores níveis de gravidade. Para isso, pondera a região de fachada a qual a manifestação está inserida, levando em consideração a orientação solar, chuva dirigida e risco de danos a usuários. O ITU para o corpo da edificação apontou os sentidos Norte, Sul, Oeste e Leste como os com maiores probabilidades de agravamento de manifestações patológicas, respectivamente. Onde, o sentido Oeste manteve-se à frente de Leste em decorrência da intensidade dos agentes atuantes em sua fachada. Apesar do ITU se mostrar inválido para a geometria da base da cúpula, é inquestionável que é pertinente a mesma os maiores valores de índice de tendência de urgência para ambos os anos de estudo. Mostrando-se necessário o estudo de novos métodos de aplicação de ITU que abranjam de maneira mais assertiva esse tipo de arquitetura.

Desse modo, levando em consideração o agravamento das manifestações presenciadas ao longo nos anos de estudo e o atual estado de degradação do OA, sugere-se que seja realizada intervenção em todas as suas fachadas simultaneamente, tanto no corpo do edifício, como na base da cúpula. Uma vez que os valores de IG e ITU para o ano de 2022 mostraram-se relevantes para todas as áreas analisadas, sendo indicativo de provável final da vida útil do sistema do revestimento externo do prédio.

Portanto, o estudo comparativo entre as fachadas de 2018 e 2022, reforça a importância das ações de manutenção da edificação serem periódicas, para que o agravamento das manifestações não alcance a perda de vida útil do revestimento externo. Assim como, mencionado por Verdun (2021), o monitoramento contínuo da edificação do OA, se faz necessário a fim de avaliar suas condições de conservação, podendo vir a determinar a velocidade da evolução da degradação ao longo do tempo (SOCOLOSKI, 2021).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674. Manutenção de edificações – Requisitos para o sistema de gestão de manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

_____. NBR 13749. Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. NBR 15575-1. Edificações Habitacionais - Desempenho-Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ANTUNES, G. R. Estudo de manifestações patológicas em revestimentos de fachada em Brasília – sistematização da incidência de casos. Dissertação submetida ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de mestre em engenharia e construção civil: Universidade de Brasília - UNB, 2010.

BAUER, E., *et al.* Degradação de fachadas revestidas em argamassas nos edifícios de Brasília, Brasil. *Ambiente Construído*, 21 (4) (2021), pp. 23-43, doi: 10.15920/s1678-86212021000400557

BERSCH, J. D. *et al.* Diagnosis of Pathological Manifestations and Characterization of the Mortar Coating from the Facades of Historical Buildings in Porto Alegre — Brazil: A Case Study of Château and Observatório Astronômico. *International Journal of Architectural Heritage*, v. 15, n. 8, p. 1145–1169, 2021.

BEVILACQUA, C. M. (OA/UFRGS); MATSUURA, O.T. (Org.) TOLMASQUIM, A.T. [*et al.*] (comissão editorial). História da Astronomia no Brasil (2013). Vol. I. 666 p. Companhia Editora de Pernambuco - Cepe. Recife. Disponível em: <http://site.mast.br/HAB2013/historia_astronomia_1.pdf> Acesso em 21 de fevereiro de 2022.

BRASIL. Decreto-lei nº 25, de 30 de novembro de 1937. Organização a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0025.htm>. Acesso em 23 de julho de 2022.

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Ministério do Trabalho. Brasília: s.n., 2020. Norma Regulamentadora.

CHWAST, J. *et al.* Gypsum efflorescence on clay brick masonry : Field survey and literature study. *Construction and Building Materials*, v. 85, p. 57–64, 2015.

DE LIMA, B.B., *et al.* Palácio do Congresso Brasileiro: um estudo do estado de conservação do sistema de revestimento de mármore. *J Construir Reabilitação* 6, 11 (2021). <https://doi.org/10.1007/s41024-021-00105-6>

DOS SANTOS D.G. Estudo da vida útil e degradação de fachadas em argamassa a partir da inspeção de edifícios (Master thesis), Universidade de Brasília, 2018.

EDIS, E., I. FLORES-COLEN, AND J. DE BRITO. 2014. Passive thermographic detection of moisture problems in facades with adhered ceramic cladding. *Construction and Building Materials* 51:187–97. doi:10.1016/j.conbuildmat.2013.10.085.

FREITAS, S. S. DE; FREITAS, V. P. D.; BARREIRA, E. Detection of façade plaster detachments using infrared thermography - A nondestructive technique. *Construction and Building Materials*, v. 70, p. 80–87, 2014.

GASPAR, P.; BRITO, J. DE. Mapping Defect Sensitivity in External Mortar Renders. *Construction and Building Materials* v. 19, p. 571–578, 2005. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2005.01.014

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. Arquivos Climáticos INMET 2016, LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <https://labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>. Acesso em: 04 de setembro de 2022.

IPHAN. Monumentos e Espaços Públicos Tombados – Porto Alegre (RS). Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1539>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.

KLEBER, D. H. Análise do desempenho de sistemas de vedação vertical externo com diferentes tipos de argamassa, através de simulação higrotérmica para a cidade de Porto Alegre. Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre., 2018.

LOURENÇO, T.; MATIAS, L.; FARIA, P. Anomalies detection in adhesive wall tiling systems by infrared thermography. *Construction and Building Materials*, v. 148, p. 419–428, 2017.

MORAES, G. A. A contribuição de Manoel Itaqui para a arquitetura gaúcha. 2003. 142 p.: II. – Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10183/4770>>. Acesso em 10 de março de 2022.

NASCIMENTO, M. L. M. Aplicação da simulação higrotérmica na investigação da degradação de fachadas de edifícios. Dissertação submetida ao departamento de engenharia civil e ambiental da faculdade de tecnologia da universidade de Brasília como parte dos

requisitos necessários para a obtenção do grau de mestre em estruturas e construção civil.: Faculdade de Tecnologia, UNB, Brasília, 2016.

PASQUALOTTO, N. Mapeamento de manifestações patológicas em edificação histórica: estudo no prédio do Observatório Astronômico da UFRGS. 2012. 139 p. Trabalho de Diplomação (Graduação). Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

PEREIRA, C.; BRITO, J. DE; SILVESTRE, J. D. Contribution of humidity to the degradation of façade claddings in current buildings. *Engineering Failure Analysis*, v. 90, n. October 2017, p. 103–115, 2018.

PIAZZAROLLO, C. B. Estudo da Evolução e da Gravidade da Degradação nas Diferentes Zonas Componentes da Fachada. Dissertação de mestrado em estruturas e construção civil: Universidade de Brasília, 2019.

PINHEIRO, P. I. S. Aplicação do método de mensuração da degradação (MMD) ao estudo das fachadas de edifícios em Brasília. Trabalho de projeto final submetido ao departamento de engenharia civil e ambiental para a obtenção do grau de bacharel em engenharia civil.: UNB, Brasília, 2016.

RORIZ, M. Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto e Eficiência Energética de Edificações. São Carlos, SP. 2012. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivosclimaticos/formato-epw>>. Acesso em: 04 de setembro de 2022.

SILVA, M. N. B, Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – aplicação ao caso de Brasília/DF. 2014. Tese (Doutorado), Universidade de Brasília.

SOUSA, V., et al. 2011. Anomalies in Wall Renders: overview of the main causes of degradation. *International Journal of Architectural Heritage* 5 (2):198–218. doi:10.1080/15583050903487633.

SOUZA, J. S. DE. Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes. Dissertação de mestrado em estruturas e construção civil: UNB, Brasília, 2016.

SOUZA, J. S. de.; PIAZZAROLLO, C. .; BAUER, E. . Aplicação do método de mensuração de degradação em revestimentos de fachadas. In: workshop de tecnologia de processos e sistemas construtivos, 2019. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. p. 1–6. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/tecsic/article/view/362>. Acesso em: 30 jun. 2022.

SOCOLOSKI, R. F. Indicadores para Avaliação de Anomalias em Fachadas com Revestimento de Argamassa. 2021. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Construção e Infraestrutura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

SOCOLOSKI, R. F., AND A. B. MASUERO. 2019. Evaluation of the efficiency of the treatment for rising damp on walls through the insertion of chemical barriers by gravity. *Construction and Building Materials* 210:660–72. doi:10.1016/j.conbuildmat.2019.03.018.

SUINFRA. Observatório Astronômico. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/patrimoniohistorico/observatorio-astronomico/>>. Acesso em: 10 de fevereiro de 2022.

TONIOLI, R. M. Cidade e Universidade: Arquitetura e configuração urbana do Campus Centro da UFRGS. 2014. 238 p. Dissertação (Pós-Graduação em Arquitetura) – Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

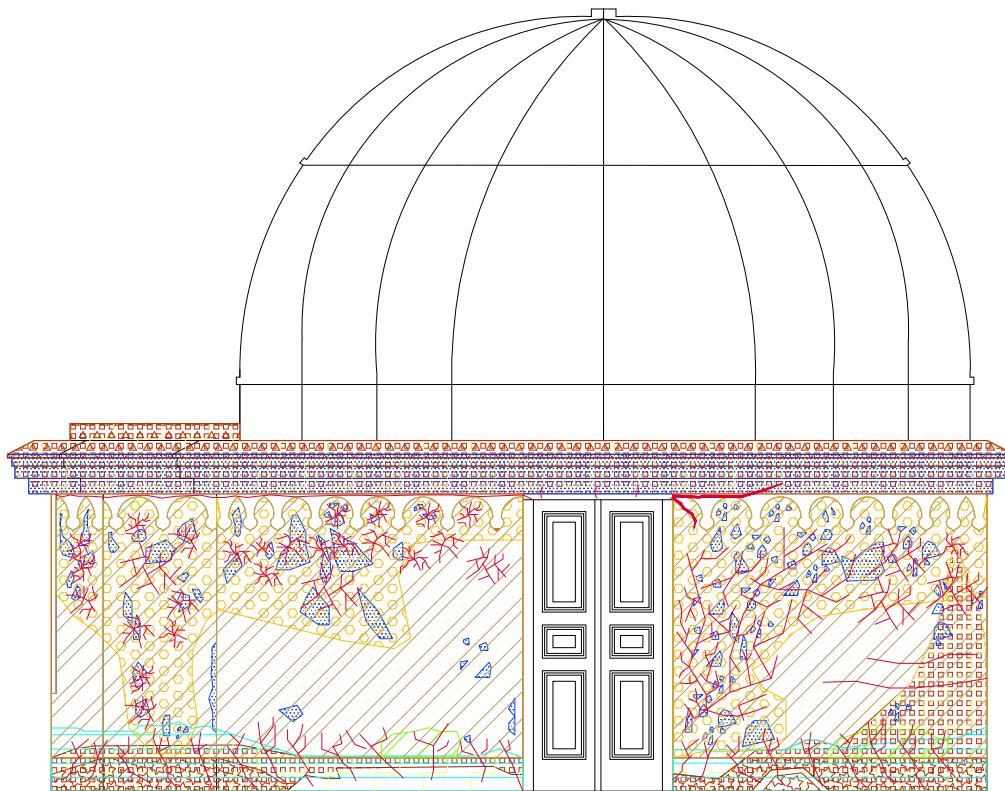
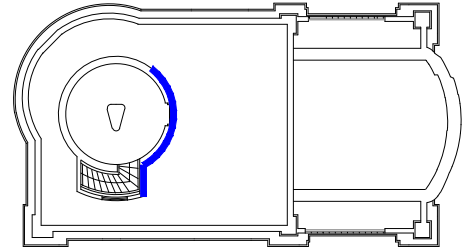
VASCONCELLOS, C. A. Z.; BERNASIUK, C.; BICA, E. L. D. O Observatório Astronômico da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: 100 anos. 2008. 33 p. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1ª Edição. Porto Alegre. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/observastro/website/wp-content/uploads/2014/11/OA-100-anos-Parte-1.pdf> > (Parte I); <<https://www.ufrgs.br/observastro/website/wp-content/uploads/2014/11/OA-100-anos-Parte-2.pdf>> (Parte II). Acesso em: 03 de abril de 2022.

VERDUN, G. Diagnóstico Das Manifestações Patológicas Das Fachadas e Cobertura Do Observatório da UFRGS Visando Futuras Intervenções. Porto Alegre, 2018. Trabalho de diplomação – Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

VERDUN, G. *et al.* Mortar coating degradation in historical buildings facades from Rio Grande do Sul – Brazil. 2021. *Construction and Building Materials*, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125221.

ZUCCHETTI, L.; POYASTRO, P.; DAPPER, S. T. H.; MASUERO, A. B.; LOREDO-SOUZA, A. M. The wind-drive rain and the buildings: directional driving rain, experimental simulation and qualification of wetness areas. *Recent Developments in Building Diagnosis Techniques*, p. 91-103. Springer, Singapore, 2016.

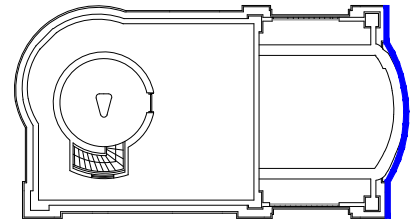
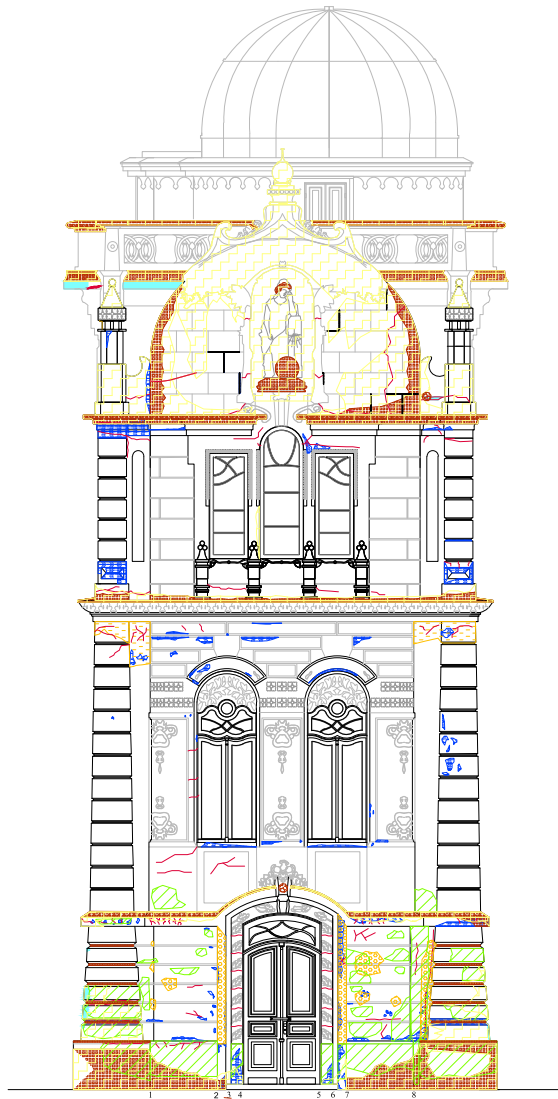
APÊNDICE A



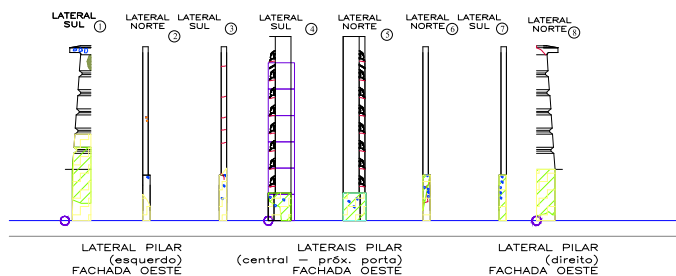
FACHADA OESTE

LEGENDA

Fissuras*	Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
*Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas	Biodeterioração – insetos
Fissura mapeada	Sais – Eflorescência
Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato	Sais – Criptoflorescência
Desplacamento	Pintura – Bolha
Vesículas*	Pintura – Descascamento
*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).	Pintura – microfissuras/craquelamento
Manchamento por Umidade	Desagregação superficial
Manchamento por Sujidade	
Biodeterioração – manchamento	
Biodeterioração – vegetação	



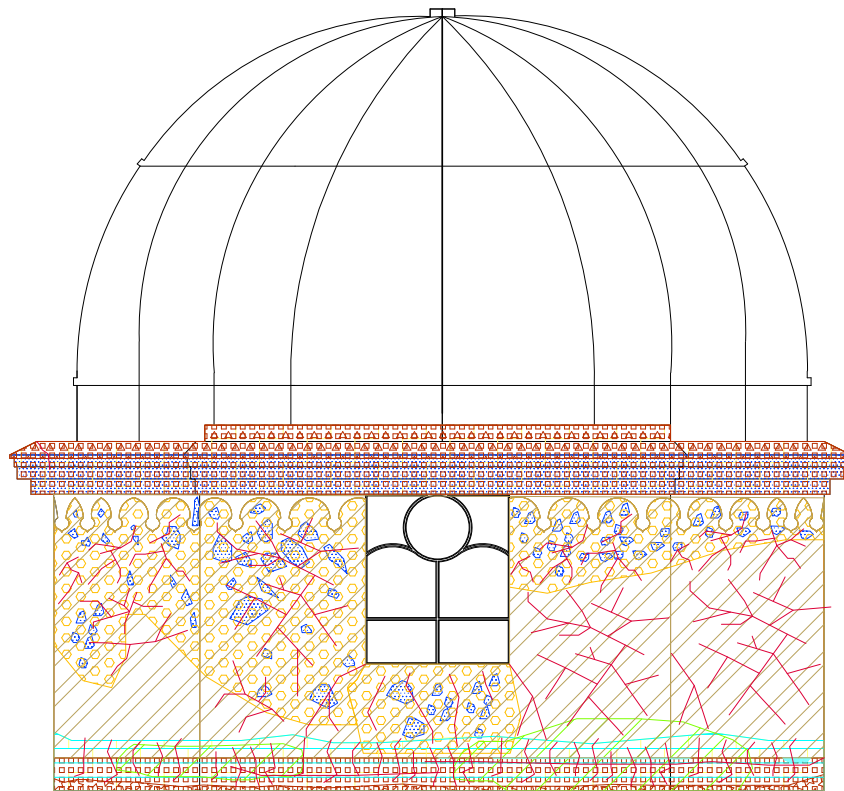
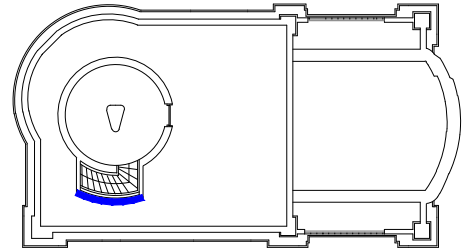
FACHADA OESTE
ESCALA:1/50



LEGENDA

- Fissuras*
- *Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas
- Fissura mapeada
- Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
- Desplacamento
- Vesículas*
- *Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).
- Mancharmento por Umidade
- Mancharmento por Sujidade
- Biodeterioração – manchamento
- Biodeterioração – vegetação

- Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
- Biodeterioração – insetos
- Sais – Eflorescência
- Sais – Criptoflorescência
- Pintura – Bolha
- Pintura – Descascamento
- Pintura – microfissuras/craquelamento
- Desagregação superficial



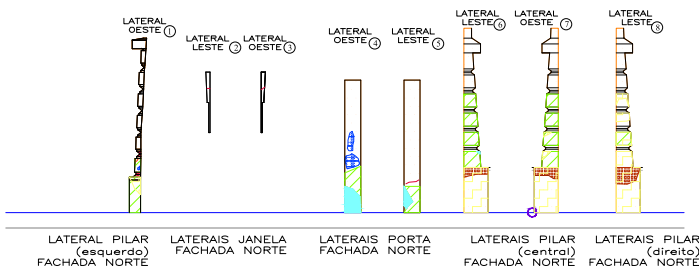
FACHADA NORTE

LEGENDA

Fissuras*	Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
*Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas	Biodeterioração – insetos
Fissura mapeada	Sais – Eflorescência
Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato	Sais – Criptoflorescência
Desplacamento	Pintura – Bolha
Vesículas*	Pintura – Descascamento
*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).	Pintura – microfissuras/craquelamento
Manchamento por Umidade	Desagregação superficial
Manchamento por Sujidade	
Biodeterioração – manchamento	
Biodeterioração – vegetação	



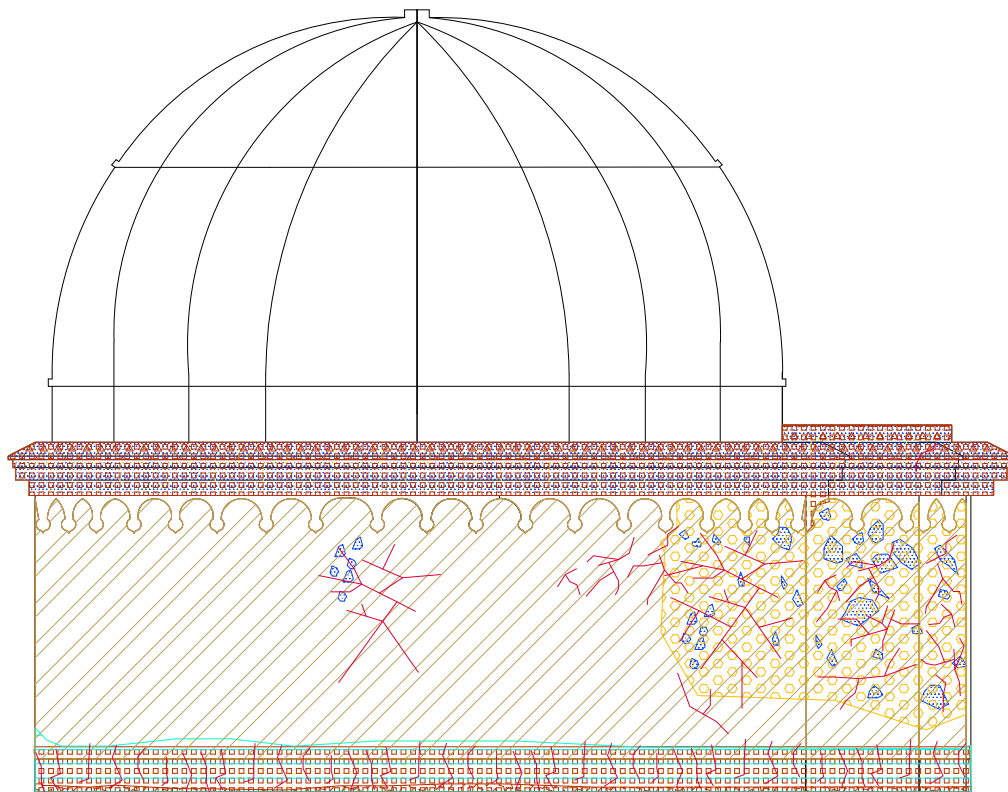
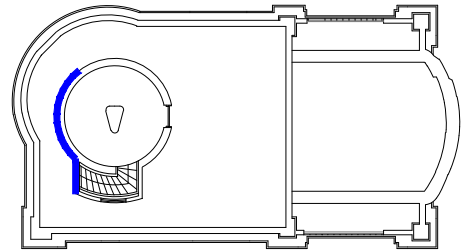
FACHADA NORTE
ESCALA: 1/50



LEGENDA

- | | |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Fissuras* *Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas Fissura mapeada Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato Desplacamento Vesículas* *Obs.: Indicar a coloração do escurrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escurrimento (S). Manchamento por Umidade Manchamento por Sujidade Biodeterioração – mancharmento Biodeterioração – vegetação | <ul style="list-style-type: none"> Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.), Biodeterioração – insetos Sais – Eflorescência Sais – Criptoflorescência Pintura – Bolha Pintura – Descascamento Pintura – microfissuras/craquelamento Desagregação superficial |
|--|---|

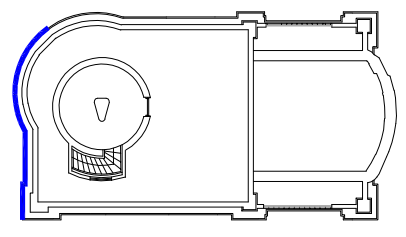
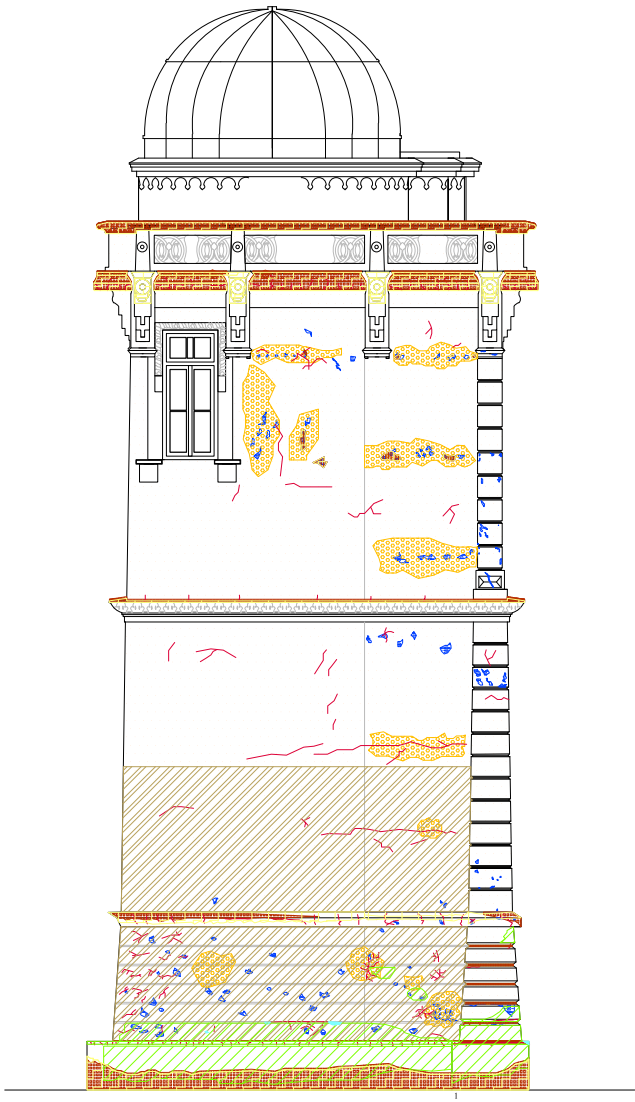
42



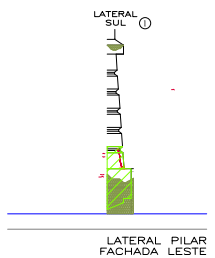
FACHADA LESTE

LEGENDA

- | | |
|--|--|
| Fissuras* | Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.), |
| *Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas | Biodeterioração – insetos |
| Fissura mapeada | Sais – Eflorescência |
| Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato | Sais – Criptoflorescência |
| Desplacamento | Pintura – Bolha |
| Vesículas* | Pintura – Descascamento |
| *Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S). | Pintura – microfissuras/craquelamento |
| Manchamento por Umidade | Desagregação superficial |
| Manchamento por Sujidade | |
| Biodeterioração – manchamento | |
| Biodeterioração – vegetação | |

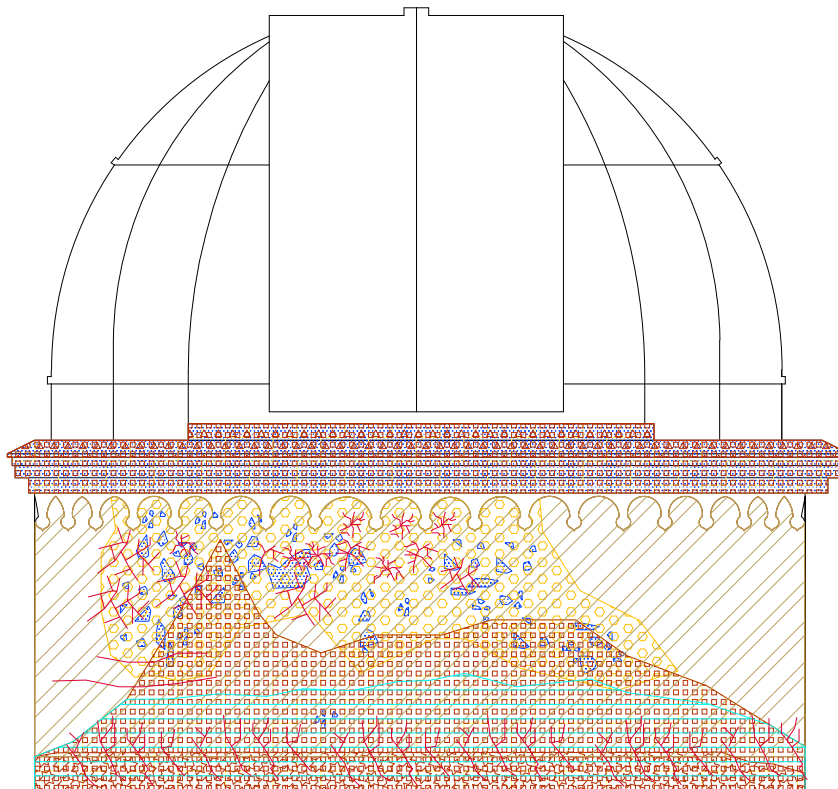
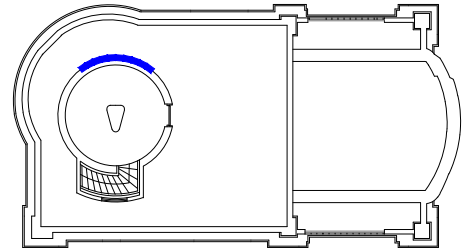


FACHADA
LESTE
ESCALA:1/50



LEGENDA

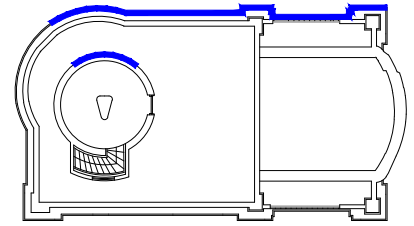
- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Fissuras* *Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas Fissura mapeada Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato Deslocamento Vesículas* *Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S). Mancharmento por Umidade Mancharmento por Sujidade Biodeterioração – mancharmento Biodeterioração – vegetação | <ul style="list-style-type: none"> Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.), Biodeterioração – insetos Sais – Eflorescência Sais – Criptoflorescência Pintura – Bolha Pintura – Descascamento Pintura – microfissuras/craquelamento Desagregação superficial |
|---|---|



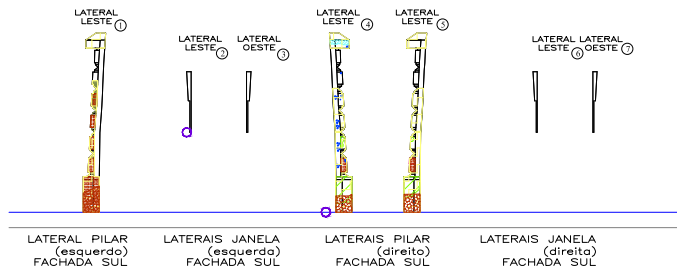
FACHADA SUL

LEGENDA

Fissuras*	Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
*Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas	Biodeterioração – insetos
Fissura mapeada	Sais – Eflorescência
Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato	Sais – Criptoflorescência
Desplacamento	Pintura – Bolha
Vesículas*	Pintura – Descascamento
*Obs.: Indicar a coloração do escurrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escurrimento (S).	Pintura – microfissuras/craquelamento
Manchamento por Umidade	Desagregação superficial
Manchamento por Sujidade	
Biodeterioração – mancharmento	
Biodeterioração – vegetação	



FACHADA SUL
ESCALA: 1/50

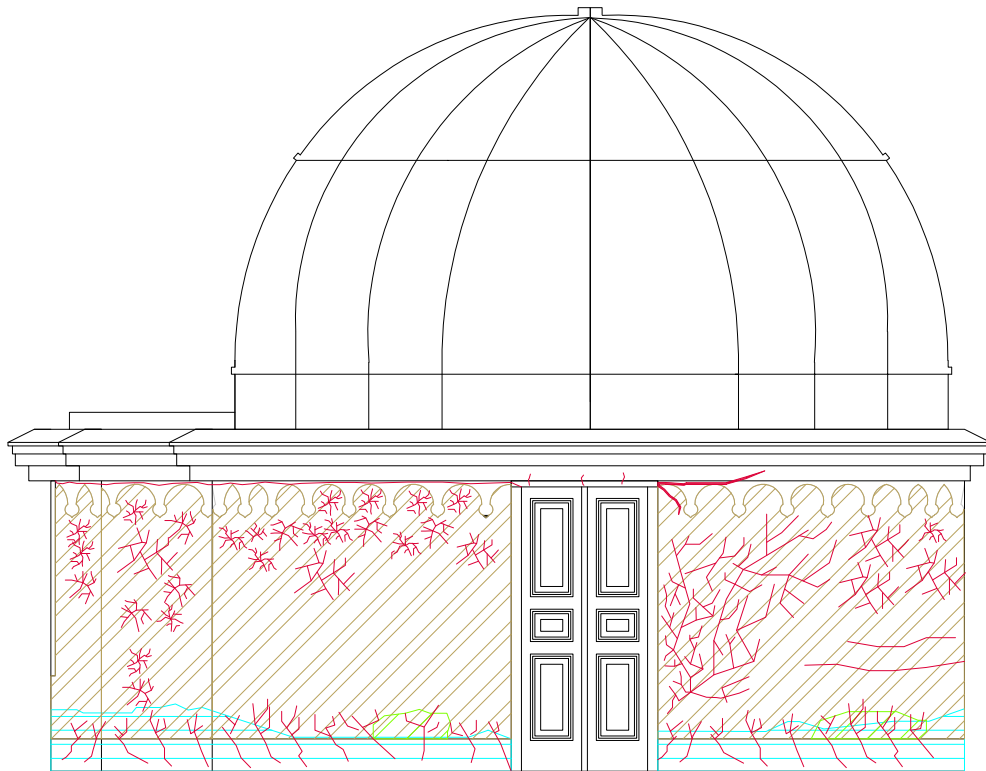
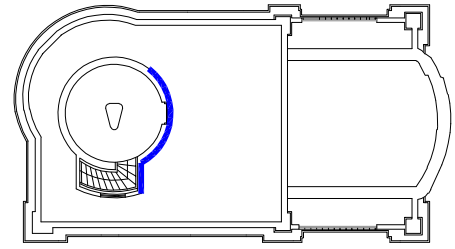


LEGENDA

- Fissuras*
- *Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas
- Fissura mapeada
- Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
- Desplacamento
- Vesículas*
- *Obs.: Indicar a coloração do escurrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escurrimento (S).
- Manchamento por Umidade
- Manchamento por Sujidade
- Biodeterioração – manchamento
- Biodeterioração – vegetação

- Biodeterioração – animais (fezes de aves, roedores, etc.),
- Biodeterioração – insetos
- Sais – Eflorescência
- Sais – Criptoflorescência
- Pintura – Bolha
- Pintura – Descascamento
- Pintura – microfissuras/craquelamento
- Desagregação superficial

APÉNDICE B



FACHADA OESTE

LEGENDA

— Fissuras*

*Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas

— Fissura mapeada

— Descolamento (aderido) — com ou sem possível deslocamento imediato

— Desplacamento

— Vesículas*

*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).

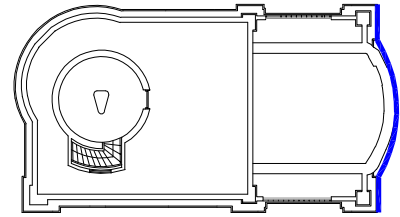
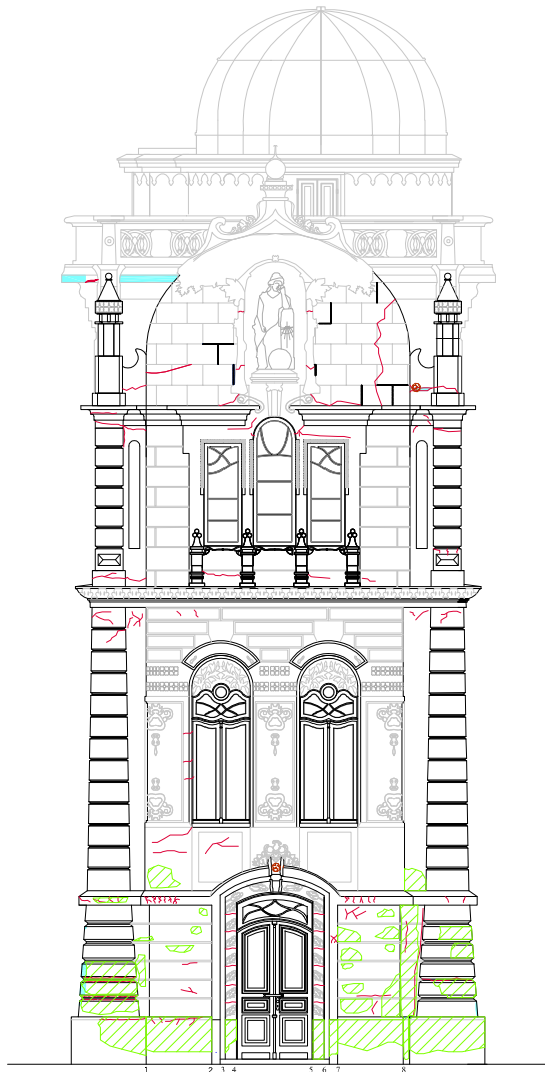
— Sais — Eflorescência

— Sais — Criptoflorescência

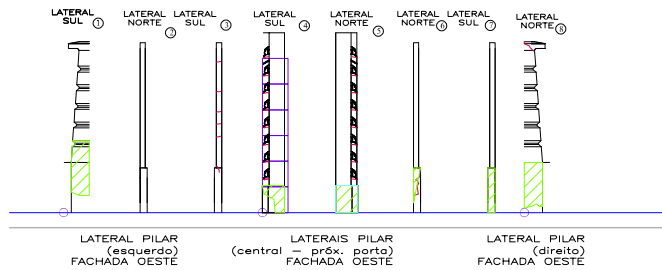
— Manchamento por Umidade

— Desagregação superficial

— Biodeterioração — macro vegetação



FACHADA OESTE



LEGENDA

Fissuras*

*Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas

Fissura mapeada

Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato

Desplacamento

Vesículas*

*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).

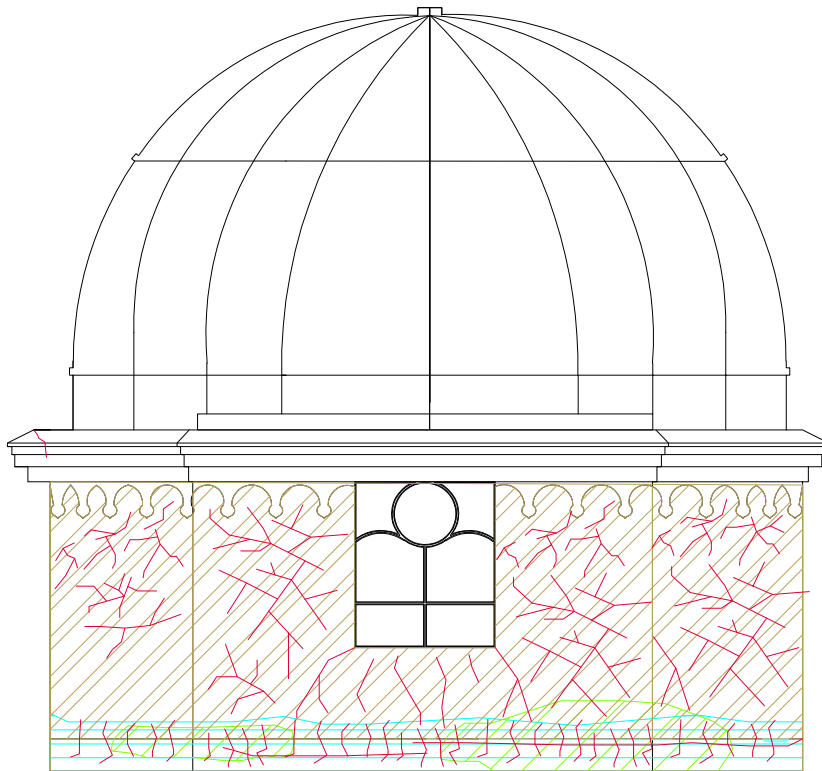
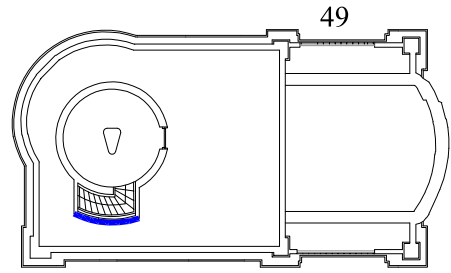
Sais – Eflorescência

Sais – Criptoflorescência

Manchamento por Umidade


Desagregação superficial

Biodeterioração – macro vegetação





FACHADA NORTE

LEGENDA


 Fissuras*

*Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas


 Fissura mapeada


 Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato


 Desplacamento


 Vesículas*


*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).

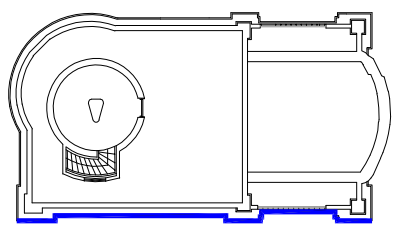
 Sais – Eflorescência

 Sais – Criptoflorescência

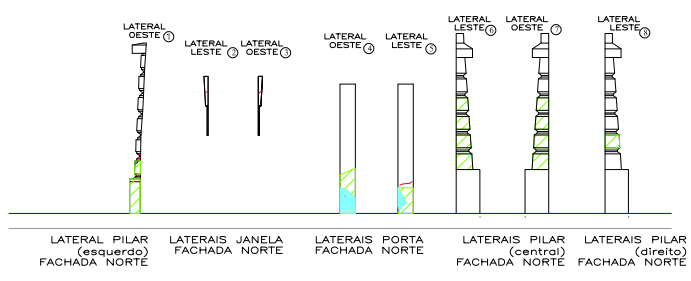
 Manchamento por Umidade

 Desagregação superficial

 Biodeterioração – macro vegetação



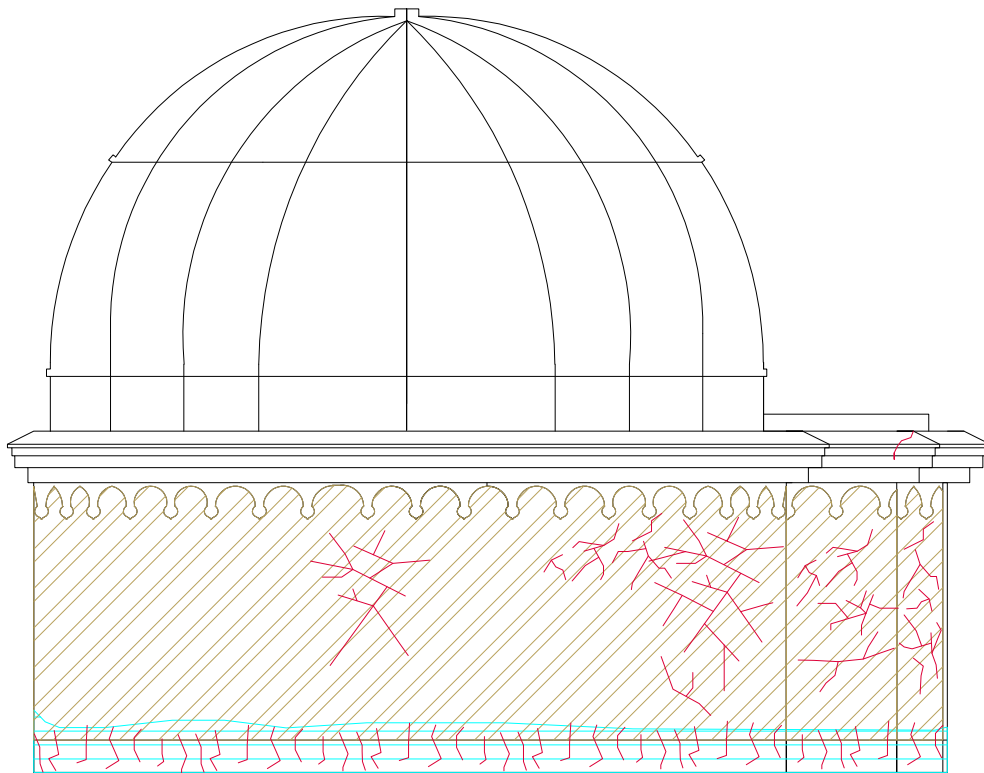
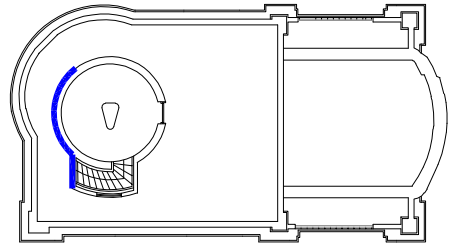
FACHADA NORTE



LEGENDA


- Fissuras*
- *Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas
- Fissura mapeada
- Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
- Desplacamento
- Vesículas*
- *Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).
- Sais – Eflorescência
- Sais – Criptoflorescência
- Manchamento por Umidade
- Desagregação superficial
- Biodeterioração – macro vegetação

51





FACHADA LESTE


LEGENDA


 Fissuras*

*Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas


 Fissura mapeada


 Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato


 Desplacamento


 Vesículas*


*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).

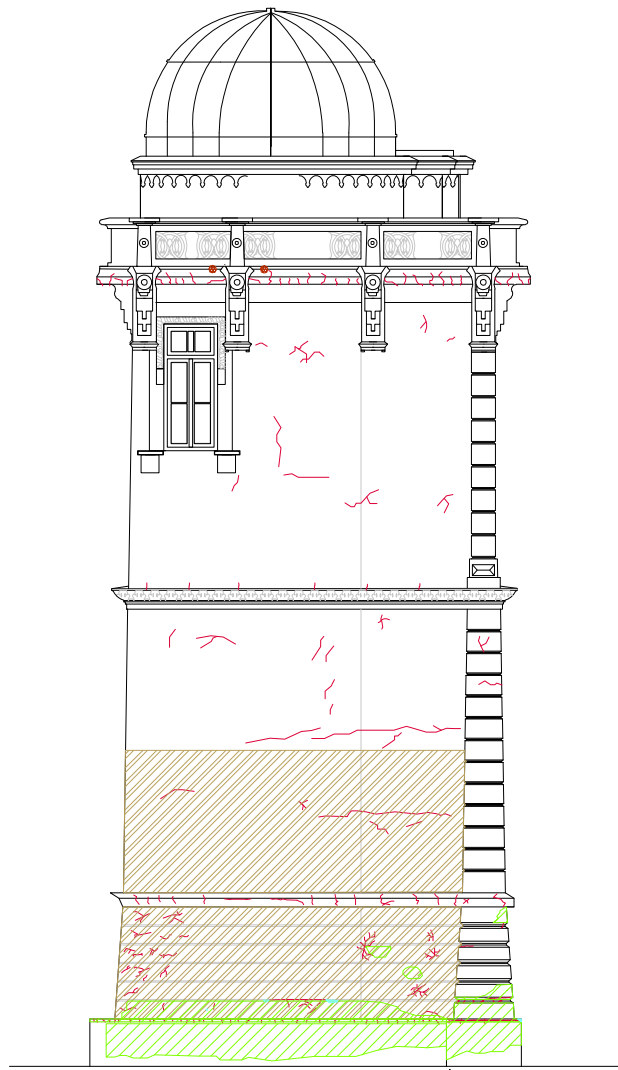
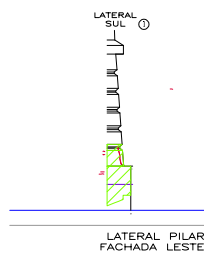
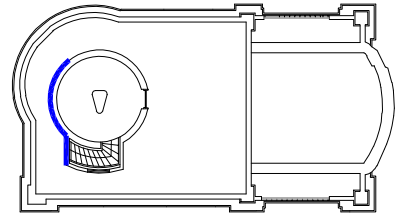
 Sais – Eflorescência

 Sais – Criptoflorescência

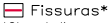
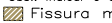
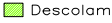
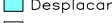
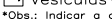
 Manchamento por Umidade

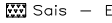
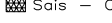
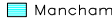
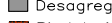
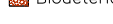
 Desagregação superficial

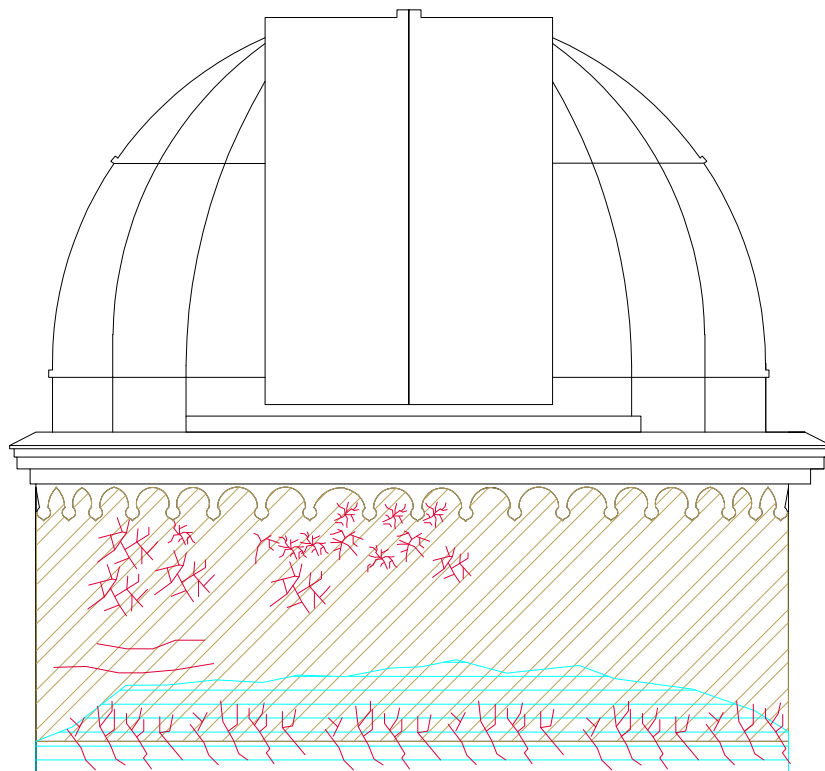
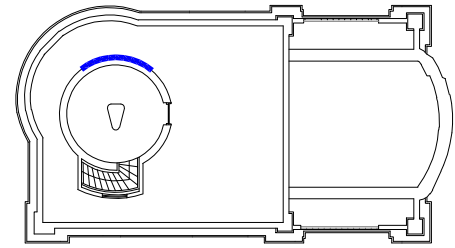
 Biodeterioração – macro vegetação

FACHADA
LESTE

LEGENDA

-  Fissuras*
- *Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas
-  Fissura mapeada
-  Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
-  Desplacamento
-  Vesículas*
- *Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).

-  Sais – Eflorescência
-  Sais – Criptoflorescência
-  Manchamento por Umidade
-  Desagregação superficial
-  Biodeterioração – macro vegetação



FACHADA SUL

LEGENDA

Fissuras*

*Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas

Fissura mapeada

Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato

Desplacamento

Vesículas*

*Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).

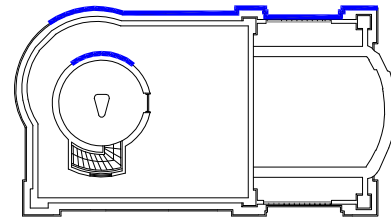
Sais – Eflorescência

Sais – Criptoflorescência

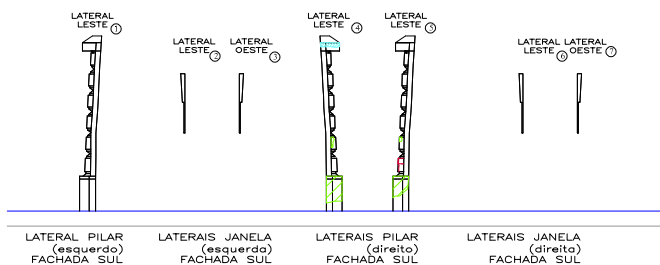
Manchamento por Umidade

Desagregação superficial

Biodeterioração – macro vegetação



FACHADA SUL

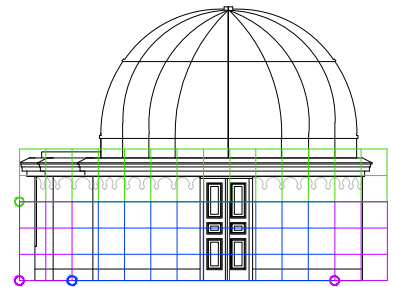
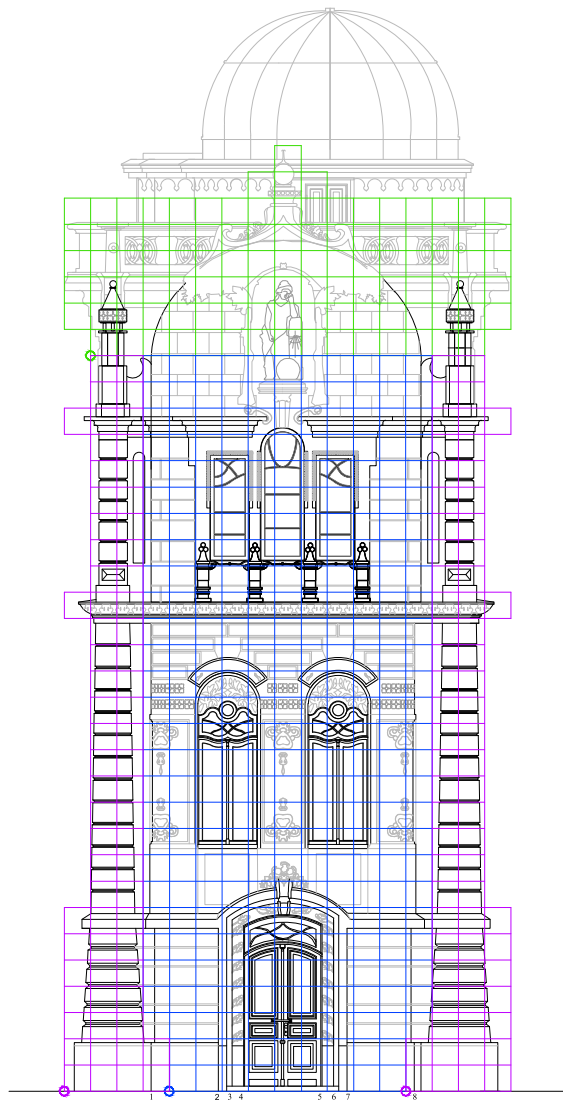
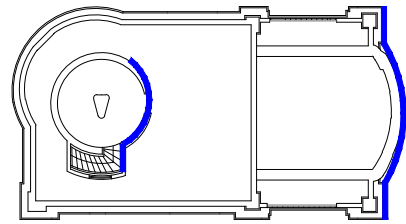


LEGENDA

- Fissuras*
- *Obs.: Indicar o dimensionamento (mm), a espessura (mm) e a direção das fissuras identificadas
- Fissura mapeada
- Descolamento (aderido) – com ou sem possível deslocamento imediato
- Deslocamento
- Vesículas*
- *Obs.: Indicar a coloração do escorrimento, se claro (C), se escuro (E), sem escorrimento (S).
- Sais – Eflorescência
- Sais – Criptoflorescência
- Manchamento por Umidade
- Desagregação superficial
- Biodeterioração – macro vegetação

APÉNDICE C

56

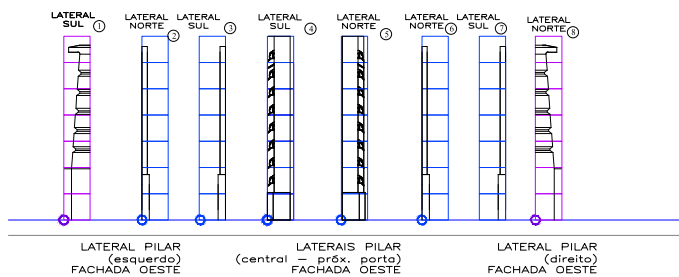


AMOSTRA 1
FACHADA
OESTE

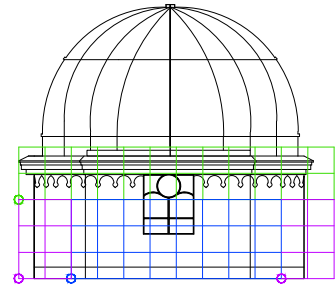
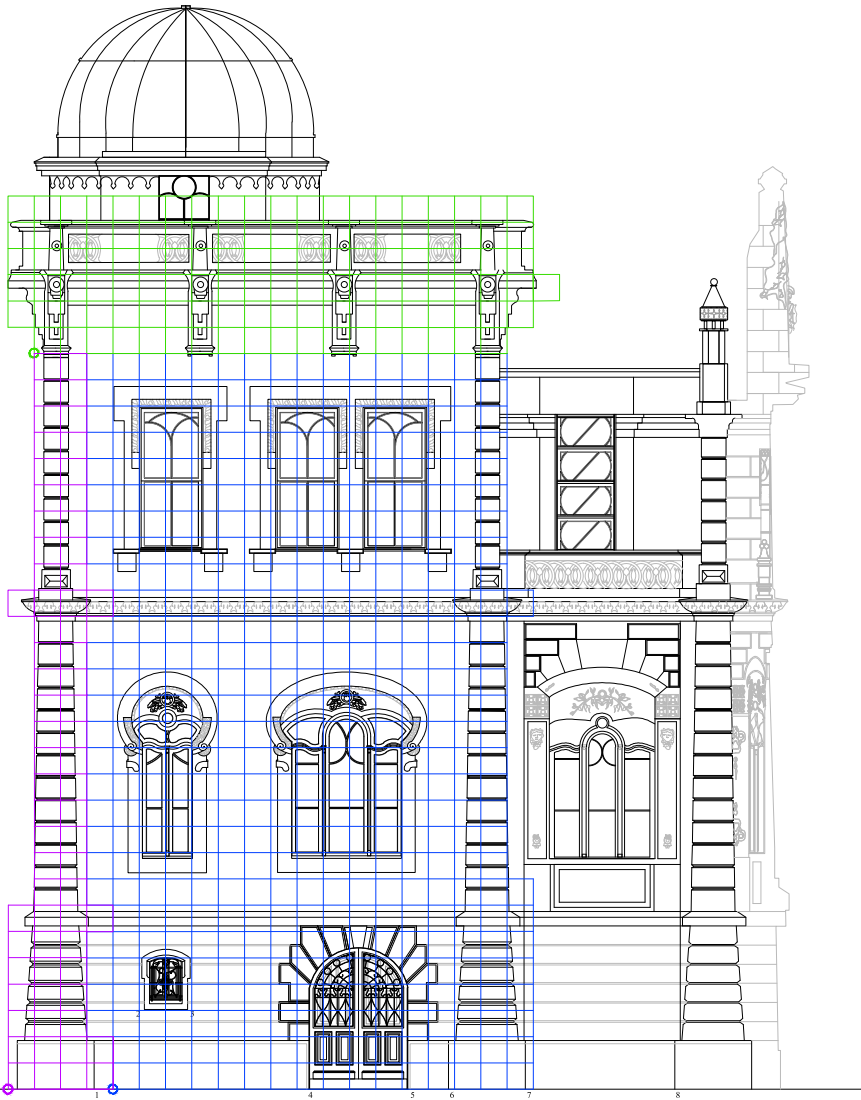
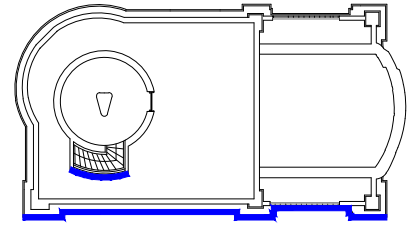
AMOSTRA 2
FACHADA
OESTE
ESCALA: 1/50

LEGENDA

- TOPO
- CANTO
- CENTRO



57

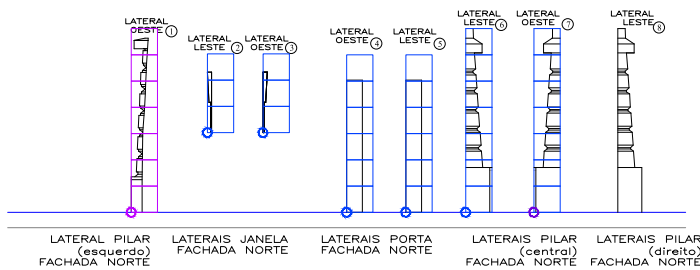


AMOSTRA 3
FACHADA
NORTE

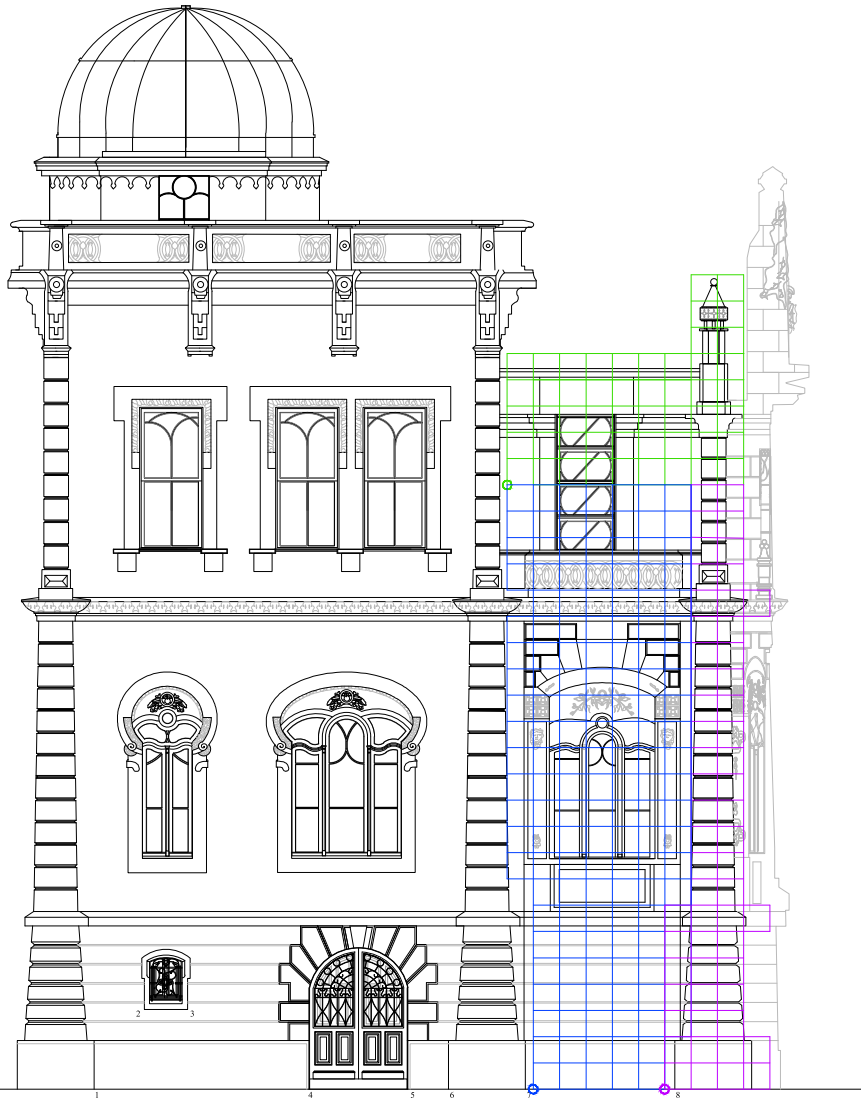
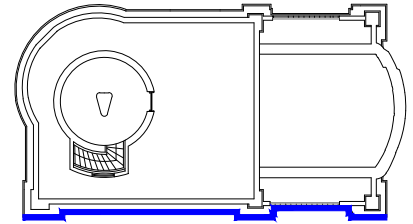
AMOSTRA 4
FACHADA
NORTE
ESCALA: 1/50

LEGENDA

- TOPO
- CANTO
- CENTRO



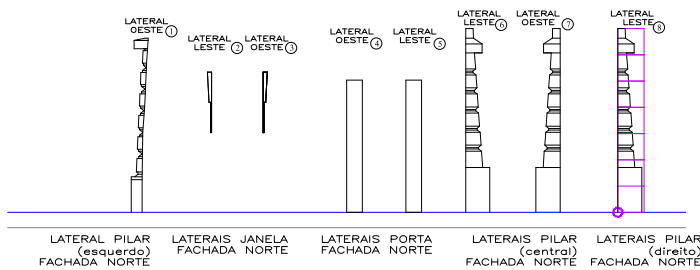
58



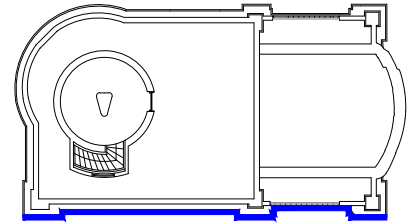
AMOSTRA 5
FACHADA
NORTE
ESCALA: 1/50

LEGENDA

- TOPO
- CANTO
- CENTRO



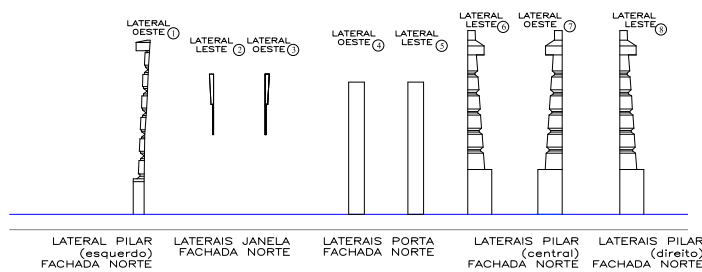
59

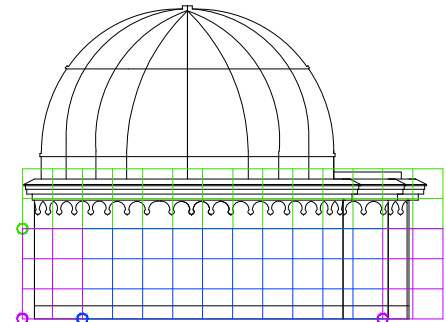
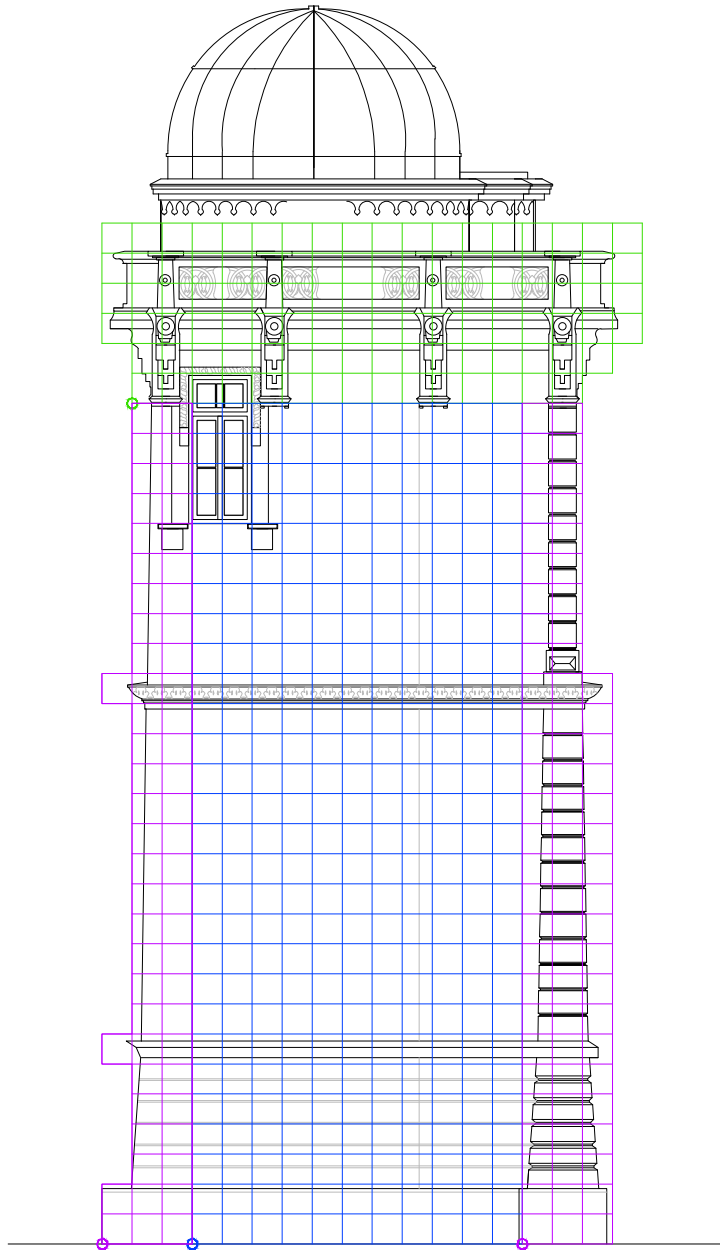
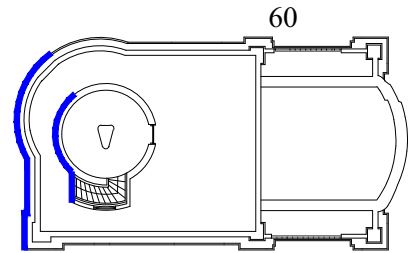


AMOSTRA 6
FACHADA
NORTE
ESCALA: 1/50

LEGENDA

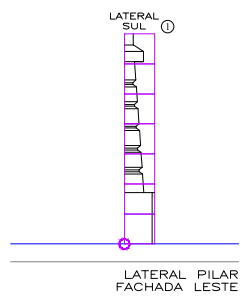
- TOPO
- CANTO
- CENTRO








AMOSTRA 7
FACHADA
LESTE

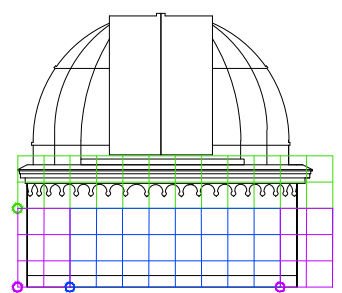
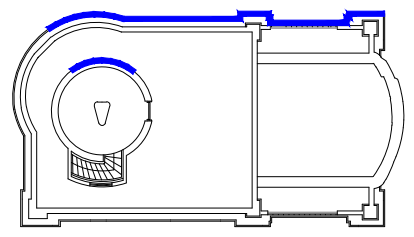
AMOSTRA 8
FACHADA
LESTE
ESCALA: 1/50



LEGENDA

-  TOPO
-  CANTO
-  CENTRO

61

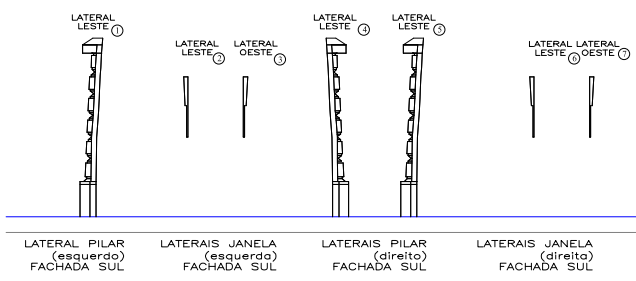


AMOSTRA 9
FACHADA
SUL

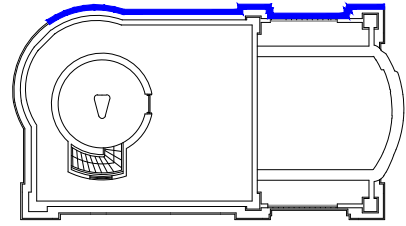
AMOSTRA 10
FACHADA
SUL
ESCALA: 1/50

LEGENDA

- TOPO
- CANTO
- CENTRO



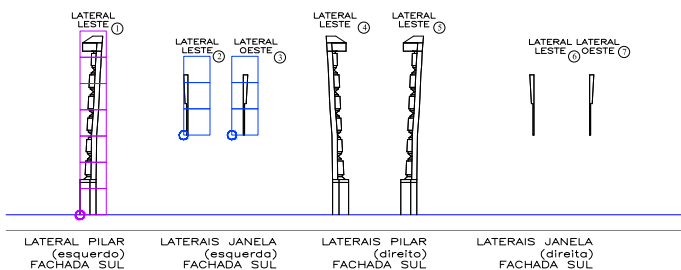
62



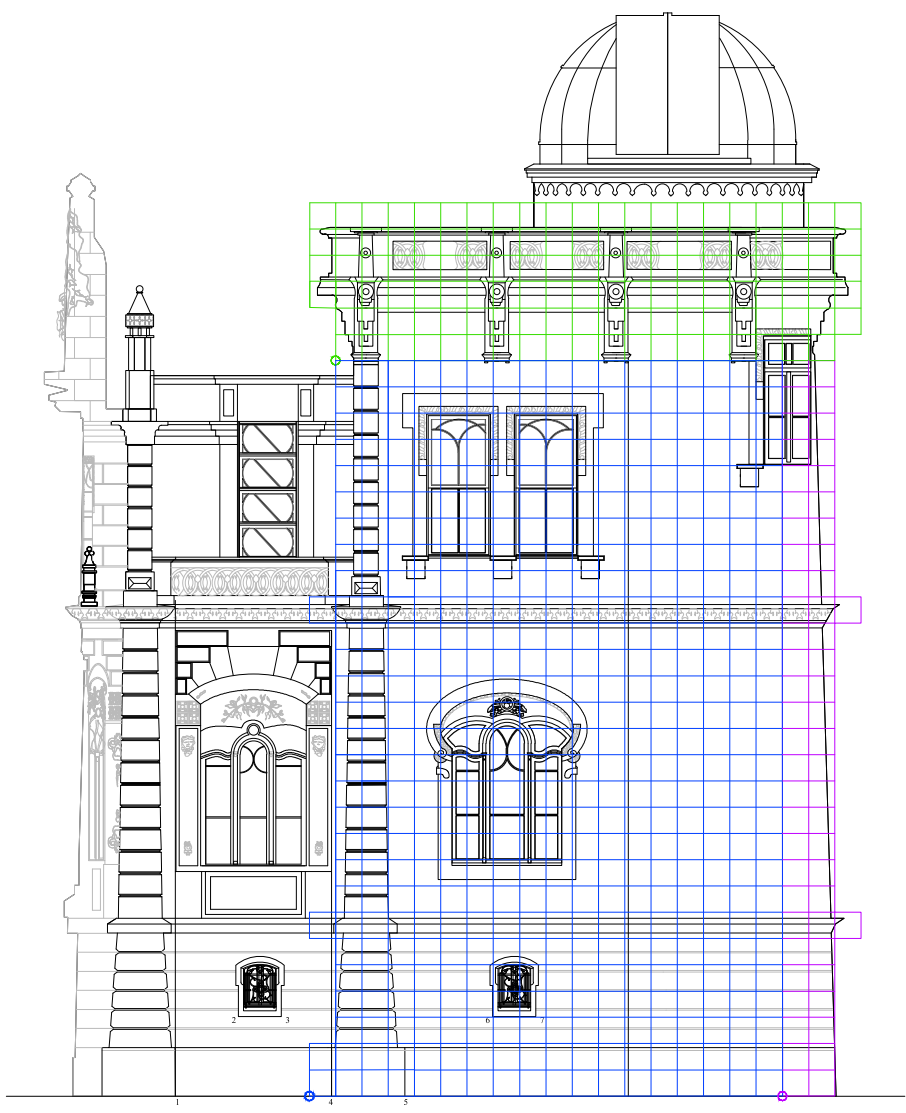
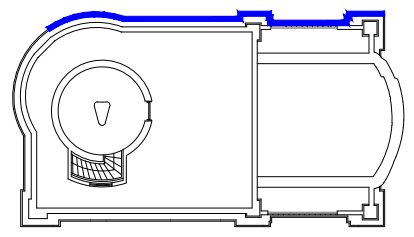
AMOSTRA 11
FACHADA
SUL
ESCALA: 1/50

LEGENDA

- TOPO
- CANTO
- CENTRO



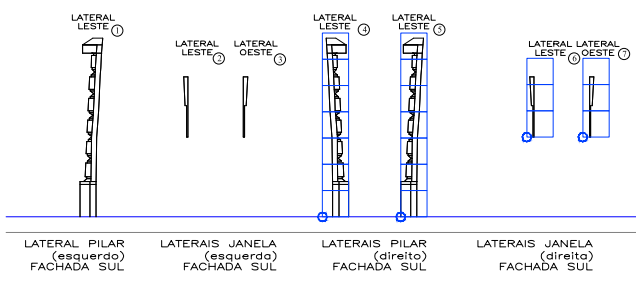
63



AMOSTRA 12
FACHADA
SUL
ESCALA: 1/50

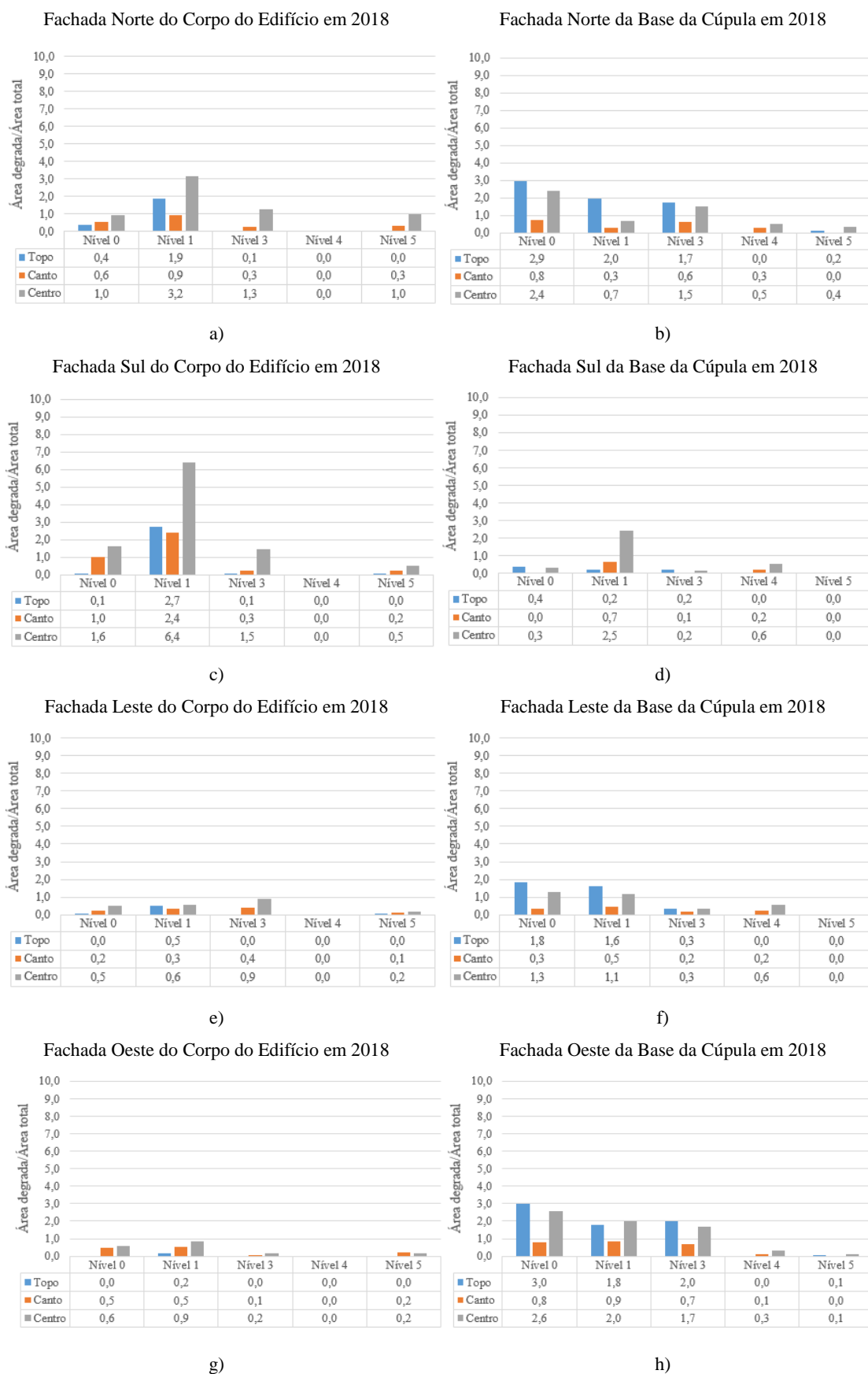
LEGENDA

- TOPO
- CANTO
- CENTRO



APÉNDICE D

Figura 1: Distribuição das manifestações patológicas encontradas por nível de gravidade nas regiões de topo, canto e centro para as orientações do corpo do edifício e domo da cúpula para 2018.



(fonte: elaborado pela autora).