

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MENSURAÇÃO DA DEGRADAÇÃO
(MMD) AO ESTUDO DAS FACHADAS DE EDIFÍCIOS EM BRASÍLIA**

PEDRO IVO SANTOS PINHEIRO

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 EM ESTRUTURAS
E CONSTRUÇÃO CIVIL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MENSURAÇÃO DA DEGRADAÇÃO
(MMD) AO ESTUDO DAS FACHADAS DE EDIFÍCIOS EM BRASÍLIA**

PEDRO IVO SANTOS PINHEIRO

ORIENTADOR: ELTON BAUER

**MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL 2 EM ESTRUTURAS
E CONSTRUÇÃO CIVIL**

BRASÍLIA – DF, DEZEMBRO DE 2016.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE DEGRADAÇÃO EM
FACHADAS**

PEDRO IVO SANTOS PINHEIRO

TRABALHO DE PROJETO FINAL SUBMETIDO AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

Prof. Elton Bauer, Dr. (ENC/UnB)
(ORIENTADOR)

Prof. Cláudio Henrique de Almeida Feitosa Pereira, Dr. (ENC/UnB)
(EXAMINADOR)

Profa. Eliane Kraus Castro, Dr. (ENC/UnB)
(EXAMINADORA)

DATA: BRASÍLIA/DF, DEZEMBRO de 2016.

FICHA CATALOGRÁFICA

PINHEIRO, PEDRO IVO SANTOS

Aplicação do Método de Mensuração da Degradação (MMD) ao Estudo das Fachadas de Edifícios em Brasília.

[Distrito Federal] 2016.

xvii, - 83p., 210 x 297 mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2016)
Trabalho de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

1. Fachadas 2. Curvas de Degradação

3. Desempenho

I. ENC/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

PINHEIRO, Pedro Ivo Santos (2016). **Aplicação do Método de Mensuração da Degradação (MMD) ao Estudo das Fachadas de Edifícios em Brasília.** Monografia de Projeto Final, Publicação, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 83p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: **PEDRO IVO SANTOS PINHEIRO**

TÍTULO DO TRABALHO DE PROJETO FINAL: **Aplicação do Método de Mensuração da Degradação (MMD) ao Estudo das Fachadas de Edifícios em Brasília.**

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2016

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

Pedro Ivo Santos Pinheiro
CSB 3 Bloco 2 Apt. 202– Taguatinga Sul
CEP 72015-535 – Brasília/DF – Brasil
E-mail: pedroivost@hotmail.com

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado força e saúde durante esta longa caminhada.

À minha mãe, Margarida, à minha irmã, Elisa Mariana e à meu falecido pai, Nilton Santos, que esperava orgulhoso pela minha formação. Vosso apoio, carinho e esforços dedicados foram indispensáveis em toda minha jornada acadêmica e de vida. Sem vocês, chegar ao fim desta jornada não teria sido possível para mim.

À toda minha família e amigos, pelo amparo e amizade dado em todos estes anos. Sem assistência não há crescimento, sua companhia foi meu fortalecimento ao longo da minha trajetória.

À Universidade de Brasília, ao Departamento de Engenharia de Civil e Ambiental e ao corpo docente, por proporcionar este curso e esta grande oportunidade de vida.

À equipe do Programa de Iniciação Científica em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação (PIBITI)/CNPq e ao Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM-UnB, pela disponibilização do banco de dados e acervo técnico de vistorias e pelo apoio às atividades de pesquisa desenvolvidas.

À meu orientador, Professor Elton Bauer, pela orientação, incentivo e importante estímulo nas diversas etapas do desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE MENSURAÇÃO DA DEGRADAÇÃO (MMD) AO ESTUDO DAS FACHADAS DE EDIFÍCIOS EM BRASÍLIA

Autor: Pedro Ivo Santos Pinheiro

Orientador: Elton Bauer

Brasília, Dezembro de 2016

A fachada é a primeira barreira protetora contra os agentes atmosféricos atuantes em um edifício e apresenta, ao longo de sua vida útil, anomalias decorrentes desta proteção. Com o tempo é esperada uma queda natural do seu desempenho. A velocidade de queda de desempenho depende dos tipos de mecanismos de degradação, de fatores de propagação e de suas intensidades. Pesquisas que visam entender essas variáveis vem sendo estimuladas, com o objetivo de desenvolver métodos de análise que criem uma correlação satisfatória entre valores quantificados de área de degradação e o grau de desempenho de fachadas, além de condicionar a estimativa de vida útil do edifício e de suas fachadas a fatores não apenas empíricos. O presente trabalho busca colaborar para o estudo de manifestações patológicas através do uso de uma metodologia de avaliação sistematizada por pesquisadores da área, em especial o Método de Mensuração de Degradação (MMD), concebido Laboratório de Ensaio de Materiais – LEM/UNB, que se utiliza de mapeamento de danos, feito por investigações de campo, para análises de fachadas, por intermédio do cálculo de índices de degradação. Os índices de degradação mensuram o dano das fachadas e ponderam diversos fatores importantes no processo. As informações obtidas por estes índices auxiliam a delimitar os possíveis cursos de prognóstico e definições de conduta possíveis. O estudo, que considera o espaço amostral dos edifícios de revestimento cerâmico de Brasília, culminou na vistoria física de três edifícios e aplicação do MMD em dois edifícios previamente vistoriados pelo LEM/UNB, e avaliação desses por índices de degradação descritos por Souza (2016). Os procedimentos permitiram, desta forma, a aplicação do método de mensuração, quantificando a degradação dos edifícios, ao ponderar a gravidade dos danos e a importância de cada dano na degradação. Os resultados permitiram analisar os edifícios com referência a curvas de degradação, cujas representações gráficas demonstram os padrões de degradação ao longo da vida do sistema de fachadas.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	4
1.1.1	Objetivo Geral	4
1.1.2	Objetivos Específicos.....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	DESEMPENHO E VIDA ÚTIL	5
2.2	PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO TÉCNICA DO LEM/UNB	9
2.3	CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E DIVISÃO DE AMOSTRAS	10
2.3.1	Orientação das Fachadas.....	11
2.3.2	Tabela de Caracterização dos Edifícios	12
2.4	MÉTODO DE MENSURAÇÃO DE DEGRADAÇÃO (MMD).....	13
2.4.1	Divisão das Fachadas por Andares e por Região	15
2.4.2	Contabilização dos Danos Identificados e Ficha de Quantificação	15
2.5	TRATAMENTO DOS DADOS – ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO	17
2.5.1	Fator de Danos (FD).....	17
2.5.2	Fator Geral de Danos (FGD).....	18
3	DIVISÃO DE AMOSTRAS E ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO	23
3.1	INTRODUÇÃO	23
3.2	AMOSTRAGEM DE FACHADAS	23
3.2.1	Divisão de fachadas em amostras	24
3.2.2	Rebatimento Das Fachadas	25
3.2.3	Identificação das Amostras	27
3.3	CLASSIFICAÇÃO E DIVISÃO DAS REGIÕES	27
3.4	SIMULAÇÕES E ESTUDO DOS ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO.....	31
3.4.1	Sem Divisão de Regiões.....	31
3.4.2	Com Divisão de Regiões.....	33
3.4.3	Comparação entre simulações.....	33
4	METODOLOGIA APLICADA – VISTORIAS E ANÁLISES	35
4.1	LEVANTAMENTO DE DADOS	35
4.1.1	Contexto dos Edifícios Estudados.....	35
4.1.2	Edifício A – Asa Norte - 111 Norte, Bloco C	37
4.1.3	Edifício B – Asa Norte - 115 Norte, Bloco C	39

4.1.4	Edifício C – Asa Norte - 310 Norte, Bloco F	42
4.1.5	Edifícios D e E – Samambaia - QN 502, Conj. 20 It01 e 02	46
4.1.6	Mapeamento e Tratamento dos Danos.....	48
4.2	ANÁLISE DOS DADOS	50
4.2.1	Análise do Fator de Danos (FD).....	50
4.2.2	Análise do Fator Geral de Danos Adaptado para Regiões (FGDb).....	57
5	CONCLUSÕES	61
5.1	TRABALHOS FUTUROS	62
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	ANEXO I – GRÁFICOS DAS SIMULAÇÕES.....	66
	ANEXO II – QUANTIFICAÇÃO DOS DANOS	67
	ANEXO III – AMOSTRAS	72

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1- Desempenho ao longo do tempo (ABNT NBR 15575-1:2013)	6
Figura 2.2- Curva de degradação relativa a anomalias do tipo “perda de aderência” obtida através da análise de rebocos em fachadas, expressando Severidade (índice, em porcentagem) ao longo do tempo (em anos) (GASPAR; BRITO, 2010).....	7
Figura 2.3 - Tipos de curvas de degradação (SILVA, 2014, adaptado de SHOHET et al (1999) e GASPAR (2009)).	8
Figura 2.4 - Exemplo de amostra de fachada (SOUZA, 2016)	10
Figura 2.5 - Imagem com localização e detalhe de edifício, pelo Google Maps (SILVA, 2014)	11
Figura 2.6- Amplitude dos quadrantes Norte (N), Leste (L), Sul (S) e Oeste (O) para classificação da orientação das amostras de fachadas (SILVA, 2014).....	12
Figura 2.7 – Orientação da amostra de fachada ER-011 (56° L) (SILVA, 2014)	12
Figura 2.8 - Esquema ilustrativo do critério de sobreposição da malha (SOUZA, 2016).....	14
Figura 2.9 – Exemplo de Ficha de Quantificação (FQ) (SOUZA, 2016).....	17
Figura 3.1 – Identificação da prumada e empena em uma amostra de fachada (SILVA, 2014).....	24
Figura 3.2 – Divisão da prumada de um edifício em quatro amostras (P1, P2, P3 e P4) entre as juntas de movimentação estrutural. (SILVA, 2014)	25
Figura 3.3 – Edifício hipotético, com amostras da caixa de escada destacada em vermelho.....	26
Figura 3.4 - Exemplo de amostra em reentrância no edifício.....	26
Figura 3.5 – Exemplo de amostras. Laterais das sacadas (esquerda), empena (direita).....	27
Figura 3.6 – Edifício hipotético com malha sobreposta e divisão das unidades em regiões.....	30
Figura 4.1- Ilustração esquemática do edifício A.....	37
Figura 4.2- Fotos das Empenas norte (esquerda) e sul (direita) do edifício A.	38
Figura 4.3- Fotos das fachadas oeste (esquerda) e leste (direita) do edifício A.	38
Figura 4.4 – Superfície considerada em amostras de caixa de escada (esquerda) e projeção das mesmas (direita).....	39
Figura 4.5 - Ilustração esquemática do edifício B.....	39
Figura 4.6 - Fotos das Empenas norte (esquerda) e sul (direita) do edifício B.	40
Figura 4.7 - Fotos das fachadas oeste (esquerda) e leste (direita) do edifício B.	40
Figura 4.8 - Presença de manchas. Eflorescência possivelmente acompanhada de deslocamento.	41
Figura 4.9 - Trecho da fachada Oeste. Sinais de manutenção de fissuras, problemas de umidade no rejunte e possível descolamento de parte das pastilhas.	41
Figura 4.10 – Fotografia indicando sinais de descolamento no topo da empena sul.....	42
Figura 4.11 - Ilustração esquemática do edifício C.....	43
Figura 4.12 - Fotos das Empenas oeste (esquerda) e leste (direita) do edifício C.....	43

Figura 4.13 - Fotos das fachadas sul (esquerda) e norte (direita) do edifício C.....	43
Figura 4.14 - Sinais de fissuras recobertas por selante ao longo de trecho de revestimento em argamassa.	44
Figura 4.15 - Exemplos de anomalia no edifício. Sinal de substituição de placas (esquerda) e falha de rejunte (direita).	45
Figura 4.16 - Desprendimento de selante em juntas estruturais.	45
Figura 4.17 - Ilustração esquemática dos edifícios D e E.	46
Figura 4.18 - Fotos das fachadas sul (esquerda), norte (centro) e empena oeste (direita) do edifício D.	46
Figura 4.19 - Fotos das fachadas sul (esquerda), norte (centro) e empena leste (direita) do edifício E.	47
Figura 4.20 - Exemplo de croqui presente no relatório. Torre A – fachada sul (esquerda) e fachada leste, entre torres (direita), com falhas demarcadas. Em vermelho: descolamento, Em verde: sem assentamento do revestimento cerâmico.	48
Figura 4.21 – Representação da fachada oeste do edifício B - 115N.....	49
Figura 4.22 - Exemplo de amostra, edifício B - 115N, já com malha sobreposta, sem divisão da malha por regiões.	49
Figura 4.23 - Histograma de frequência de ocorrência e porcentagem acumulada do FDt das 100 amostras que compõem o universo de estudo.	52
Figura 4.24 - Ocorrência de anomalias - Edifício A - 111N	53
Figura 4.25 - Ocorrência de anomalias - Edifício B - 115N.....	53
Figura 4.26 - Ocorrência de anomalias - Edifício C - 310N.....	53
Figura 4.27 - Ocorrência de anomalias - Edifício D - Samambaia (Torre B)	54
Figura 4.28 - Ocorrência de anomalias - Edifício E - Samambaia (Torre A).....	54
Figura 4.29 - Amostra A1.P5, do edifício A - 111N.	55
Figura 4.30 - Amostras inclusas na curva de evolução da degradação geral, para o Fator Geral de Danos (FGDb).	58
Figura 4.31 - Comparação das amostras quanto a linhas de referência do indicador de degradação para a vida útil.	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Exemplo de caracterização do edifício (SOUZA, 2016)	13
Tabela 2.2 - Critério de níveis de condição (kna) utilizados para o FGDa. (SOUZA, 2016)	20
Tabela 2.3 - Constantes de ponderação da importância relativa das anomalias (SOUZA, 2016)	21
Tabela 2.4 - Valores de kr para cada região. (Adaptado de SOUZA, 2016)	21
Tabela 4.1 - Características das amostras de edifícios com identificação por edifício, idade, quantidade de andar, prumada, empena e total de amostras por edifício.....	36
Tabela 4.2 - Dados dos valores de FDTtotal de todas as amostras e das amostras subdivididas por orientação.	51
Tabela 4.3 - Dados do somatório de todos os Fatores de Danos das amostras de fachadas.....	54
Tabela 4.4 - Média dos dados do Edifício 111N, considerando amostras com área reduzida em reentrâncias.....	56
Tabela 4.5 - Média dos dados do Edifício 111N, após distribuir área das reentrâncias em outras amostras.....	56
Tabela 4.6 - Valores médios de FGDb por Edifício e orientação, em porcentagem.	58
Tabela B.1 – Dados da Quantificação de danos do Edifício A1 – 111N, Bloco C.....	67
Tabela B.2 – Dados da Quantificação de danos do Edifício A2 – 115N, Bloco C.....	68
Tabela B.3 – Dados da Quantificação de danos do Edifício A3 – 310N, Bloco F.....	69
Tabela B.4 – Dados da Quantificação de danos do Edifício A4 Samambaia - Torre B.....	70
Tabela B.5 – Dados da Quantificação de danos do Edifício A5 Samambaia - Torre A.....	71

LISTA DE NOMENCLATURAS E ABREVIACÕES

AB - Aberturas

CE - Cantos e Extremidades

DC - Descolamento Cerâmico

EF - Eflorescência

FD - Fator de Danos

FD_t - Fator de Dano Total

FD_{RC} - Fator de Danos da Região Corrigido

FGD - Fator Geral de Danos

FGD_A – Fator Geral de Danos adaptado para o banco de dados

FGD_B – Fator Geral de Danos adaptado para as regiões

FI - Fissura

FQ - Ficha de Quantificação

FR - Falha de Rejunte

FV - Falha de Vedação

ISO - *International Organization for Standardization*

LEM - Laboratório de Ensaios de Materiais

MMD - Método de Mensuração de Degradação

NBR - Norma Brasileira Registrada no INMETRO

PC - Paredes Contínuas

SC - Sacadas

TO - Topo

TP - Transição entre Pavimentos

UNB - Universidade de Brasília

1 INTRODUÇÃO

Independente do uso previsto, edifícios devem ser planejados e construídos com padrões de comportamento e qualidade a serem atendidos, devendo ser capazes de manter um nível de funcionalidade e aparência por um período aceitável de tempo. A fachada é a sua primeira barreira contra os agentes externos agressivos, atuando principalmente como barreira protetora dos agentes atmosféricos. Ela ao longo do tempo apresenta elevada incidência de patologias, quando comparadas a outros elementos do edifício. (ALVES, 2008; GASPAR & BRITO, 2010; SILVA, 2014).

As vedações verticais ocupam posição estratégica entre os componentes dos edifícios, condicionando o seu desempenho. Mesmo sem função estrutural, possuem como principais funções a envoltória da edificação, proporcionando conforto higrotérmico e acústico ao edifício, além de conferir segurança frente à comportamentos excepcionais como incêndios; além de proporcionar efeito estético, valorizando economicamente o edifício (SILVA, 2014).

Os revestimentos cerâmicos, juntamente com as pinturas, são a preferência do mercado consumidor em praticamente todos os segmentos imobiliários. Eles possuem inúmeras vantagens em relação aos demais revestimentos, onde se destacam pela maior durabilidade, facilidade de limpeza, melhoria de estanqueidade da vedação, conforto térmico e acústico da fachada e valorização econômica do empreendimento (MEDEIROS & SABBATTINI, 1999).

O produto edifício tende a um equilíbrio dinâmico com o seu entorno quando submetido a determinadas condições de exposição. Fatores de deterioração climáticos, de construção, utilização e de diferentes naturezas causam anomalias nas fachadas e conseqüentemente perdas de desempenho. Condições de exposição, propriedades e desempenho dos materiais, qualidade de mão-de-obra e manutenção durante vida útil influenciam na durabilidade das estruturas, modificando as condições de utilização previstas pelo proprietário e pelos construtores e projetistas. Esses agentes de degradação podem acabar levando a anomalias como fissuras, descolamento e rupturas do elementos de revestimento (LICHTENSTEIN, 1986; SHOET *et al.*, 1999).

Com o tempo é esperado uma queda natural do desempenho dos elementos de um edifício. Sua velocidade depende dos tipos de mecanismos de degradação, de fatores de propagação e

intensidade da ação. Manutenções preventivas são fundamentais para manter as propriedades do edifício em boas condições e assegurar sua durabilidade (FLORES-COLEN & BRITO, FREITAS, 2005).

Segundo Lichtenstein (1986) o procedimento de atuação adotado para a avaliação de edifícios que apresentam problemas patológicos consiste em levantamento do maior número possível de subsídios de exames complementares, diagnóstico da situação e definição da conduta a partir da escolha da alternativa de intervenção.

O conhecimento do mecanismo e das origens das anomalias é essencial para a definição da conduta de soluções e procedimentos utilizados na manutenção das fachadas. O estudo das patologias é importante nas intervenções de recuperação e na produção de obras mais duráveis.

Pesquisadores têm procurado atuar sobre a área de patologias pela necessidade de consolidação, organização e ampliação dos conhecimentos. Suas pesquisas têm feito levantamentos de dados sobre diversos edifícios diferentes para analisar e sistematizar a gravidade da situação global (LICHTENSTEIN, 1986; FLORES-COLEN & BRITO, FREITAS, 2005).

Pesquisas que visam entender as variáveis que interferem no surgimento das diversas patologias em fachadas vem sendo estimuladas, com o objetivo de desenvolver metodologias alternativas que possam estabelecer parâmetros e índices para caracterizar e diagnosticar, de forma mais eficiente, as patologias comuns em fachadas (SILVA, 2014).

Todo diagnóstico envolve a possibilidade de falha, o contínuo levantamento de dados tem como objetivo diminuir a incerteza inicial do diagnóstico. No levantamento dos subsídios reunimos informações necessárias para o diagnóstico das anomalias patológicas encontradas e fazemos uma caracterização do edifício. A interpretação das informações coletadas determina a interação entre a fase de levantamento de subsídios e o processo do diagnóstico (LICHTENSTEIN, 1986).

Essa interpretação pode ser auxiliada por métodos de avaliação que representem o comportamento e evolução da degradação, com o objetivo de criar uma correlação satisfatória entre os valores quantificados e o grau de gravidade dos problemas observados, além de

condicionar a estimativa de vida útil do edifício e de suas fachadas a fatores não apenas empíricos. A evolução progressiva da degradação pode ser representada por índices de degradação ao longo do tempo, dando origem então à curvas de degradação (índice de degradação x tempo) para a determinação da vida útil. (SHOET *et al.*, 1999; GASPAR & BRITO, 2008; SILVA, 2014; SOUZA, 2016).

Os índices são ferramentas que podem ajudar na precisão das análises das fachadas de edifícios, mensurando a degradação e ponderando diversos fatores importantes no processo. As informações recolhidas auxiliam a delimitar os possíveis cursos de prognóstico e definições de conduta possíveis. Diversos estudos que abordam modelos quantitativos de degradação de fachada foram propostos apoiados por inspeções de diversas características distintas como localização, tipo de revestimento e edificação. O desempenho das fachadas é estabelecido por meio de requisitos qualitativos e critérios quantitativos. A perda gradual do desempenho pode estar associada ao processo de degradação (SOUZA, 2016).

Pesquisadores como Antunes (2010), Silva (2014) e Souza (2016) têm avançado na criação e estudo de métodos de quantificação e análise de danos em fachadas, com resultados práticos de aplicação de modelo em edifícios de Brasília-DF. As mais novas pesquisas tem abordagem na divisão de regiões, procurando uma correlação entre ocorrência do fenômeno de degradação e locais críticos das fachadas, na criação de índices de degradação que resultarão em uma curva de degradação mais representativa das fachadas de edifícios.

Para contribuir aos estudos feitos por pesquisadores do Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília – LEM/UnB e de outros da área, o presente trabalho propõe avaliar edifícios de Brasília utilizando uma sistematização da metodologia de análise, que se utiliza de mapeamento e quantificação de danos, observados em investigados em campo, por intermédio do cálculo de índices de degradação, desenvolvidos por Silva (2014) e aprimorados por Souza (2016),

As ferramentas de análise explicitadas tem escopo de uso em fachadas com revestimento cerâmico. Fachadas com acabamento em reboco, elemento vazado, pedras naturais, placas metálicas, dentre outros tipos não foram consideradas (SILVA, 2014).

1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.1.1 Objetivo Geral

Aplicar o Método de Mensuração de Degradação (MMD), ferramenta para avaliação de fachadas de revestimento cerâmico concebida pelo Laboratório de Ensaios de Materiais – LEM/UNB, em cinco edifícios de Brasília, analisando a degradação de suas fachadas a partir do cálculo de índices de degradação e sua inserção em curvas de tendência de degradação.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Vistoriar cinco edifícios de Brasília, utilizando o Método de Mensuração da Degradação (MMD), para quantificar os danos identificados sobre suas fachadas, e calcular os seus valores correspondentes de índice de degradação FGDb, fórmula proposta por Souza (2016);
- Utilizar o índice de degradação FGDb como referência de degradação para comparação à edifícios de diversas idades presentes no Banco de dados do LEM, vistoriados em condições reais de utilização e de exposição;
- Analisar o comportamento dos índices FGDa e FGDb propostos por Souza (2016) por meio de simulações hipotéticas de degradação em edifícios;
- Contribuir a linha de pesquisa referente à Patologia, Manutenção e Recuperação de estruturas e Edificações, do Programa de Pós-graduação em Estruturas e Construção Civil da Universidade de Brasília (PECC/UnB) em especial a revestimentos cerâmicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Pesquisadores propuseram abordagens que permitem estudar os principais aspectos associados ao surgimento e à evolução dos processos de degradação das fachadas, relacionados a vida útil dos edifícios, particularmente das fachadas.

Os níveis mínimos de qualidade e durabilidade das edificações, exigidos pelos usuários ao longo de sua vida útil, implicam na determinação de níveis mínimos de desempenho. Esses níveis de desempenho são critérios expressos em termos de quantidades mensuráveis, a fim de que possam ser objetivamente determinados (GASPAR & BRITO, 2010).

A sistematização do método de amostragem e levantamento de dados foi compilada a partir dos estudos de Silva (2014), Antunes (2010) e em especial os de Souza (2016), que tem por finalidade propor uma modelação do perfil de degradação, com abordagem às fachadas de edifícios.

2.1 DESEMPENHO E VIDA ÚTIL

O processo de envelhecimento das edificações é traduzido em níveis crescentes de degradação e níveis decrescentes de desempenho (GASPAR & BRITO, 2010). Essa relação de desgaste e tempo pode ser vista nas curvas de degradação de fachadas analisadas pelos pesquisadores. As fachadas são elementos extremamente expostos à condições adversas, possuindo funções importantes de proteção do edifício. Sua má conservação pode levar a infiltrações internas, deterioração de elementos construtivos e exposição de elementos estruturais, além de causar dano estético ao edifício. Por isso a realização de manutenção periódica é muito importante para conservar as suas características e propriedades durante o período de vida útil, de modo a respeitar os níveis mínimos de desempenho.

Pela norma ABNT NBR 15575-1:2013, a vida útil de projeto (VUP) para sistemas de vedação vertical externa equivale ao período mínimo de 40 anos ou, se tratando de revestimento aderido de fachada equivale ao período mínimo de 20 anos. As fachadas devem ser projetadas de forma que estas tenham uma durabilidade potencial compatível.

A durabilidade é utilizada como termo qualitativo para expressar a condição em que a edificação ou seus sistemas mantem seu desempenho requerido durante a vida útil, de acordo com a ABNT NBR 15575-1: 2013.

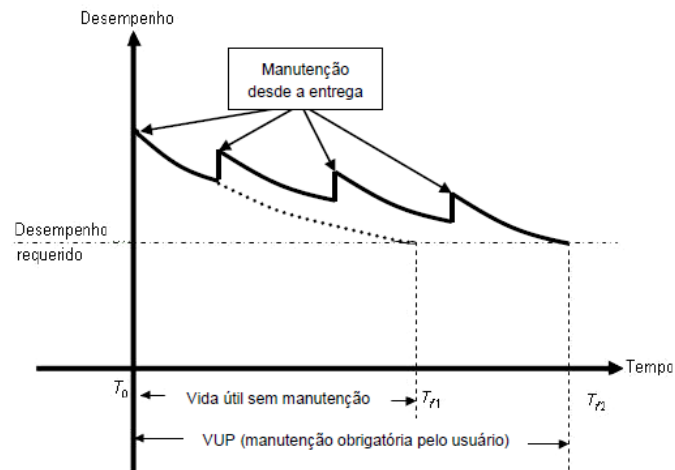


Figura 2.1- Desempenho ao longo do tempo (ABNT NBR 15575-1:2013)

O grande progresso dos estudos realizados sobre durabilidade levou ao aparecimento de diversos métodos de previsão da vida útil e conseqüentemente, à concepção de documentos de normalização (SILVA, 2014).

O conjunto de normas ISO 15686 (*Building and construction assets - service life planning*) é referência fundamental em inúmeros documentos sobre vida útil, uma combinação da preocupação crescente de diversas organizações internacionais com o estabelecimento de normas que regulem sobre os critérios de durabilidade dos produtos da construção. As normas definem procedimentos de previsão da vida útil de edificações já construídas, metodologia de previsão de vida útil dos componentes de edifícios baseados no desempenho técnico e funcional, requisitos para verificação do desempenho funcional, abordagens para garantir uma efetiva gestão da vida útil, assim como tratam dos custos e do impacto ambiental associados ao planejamento da vida útil (SOUZA, 2016; SILVA, 2014; GASPAR, 2009).

Para representar a perda de desempenho e capacidade funcional das fachadas Gaspar (2009), baseado nos estudos de Shohet *et al.* (1999), adotou a representação gráfica desse fenômeno por intermédio de curvas de degradação. Foi possível identificar um padrão de deterioração com a análise de desempenho de amostras de diversas idades, que expressam as variações do

estado de degradação de fachadas ao longo do tempo (SOUZA, 2016; SILVA, 2014; GASPAR & BRITO, 2010). Esta informação pode ser expressa graficamente através de uma nuvem de pontos, que podem ser representados por índices de desempenho ao longo do tempo.

A partir dos dados obtidos, é possível determinar uma curva média de degradação (índice de degradação x tempo) por métodos de regressão linear, como exemplificado na Figura 2.2, pela curva obtida pelos pesquisadores Gaspar e Brito (2010). As curvas de degradação podem apresentar diferentes configurações em função dos mecanismos de degradação e dependem do fator que é mais representativo no comportamento temporal das degradações. Os diagramas de dispersão podem fornecer uma método para estimar a vida útil. (GASPAR & BRITO, 2010; SOUZA, 2016).

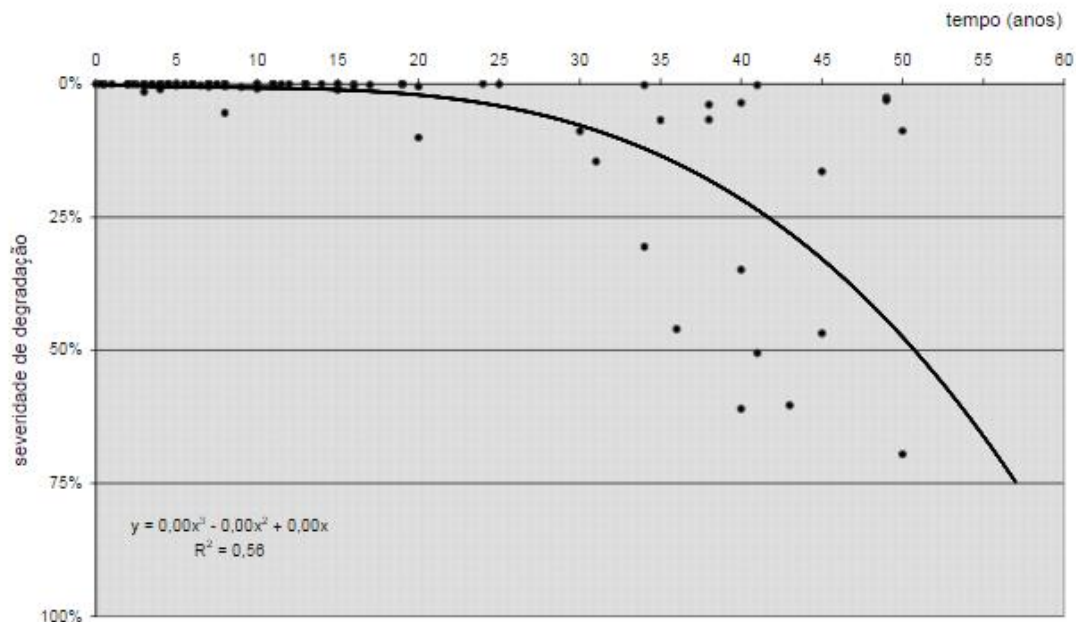


Figura 2.2- Curva de degradação relativa a anomalias do tipo “perda de aderência” obtida através da análise de rebocos em fachadas, expressando Severidade (índice, em porcentagem) ao longo do tempo (em anos) (GASPAR; BRITO, 2010).

As curvas de degradação são representações gráficas que demonstram tendências e padrões de degradação ao longo do tempo, tornando-se ferramentas importantes para avaliar a durabilidade, vida útil, e para planejar as ações de manutenção. A interpretação das curvas de degradação visa a compreensão do comportamento do processo de degradação, ampliando o conhecimento para a análise e estimativa de vida útil dos sistemas de revestimento de fachada.

Essas curvas de degradação podem apresentar diferentes configurações em função dos mecanismos de degradação, como mostrado na Figura 2.3 (SILVA, 2014).

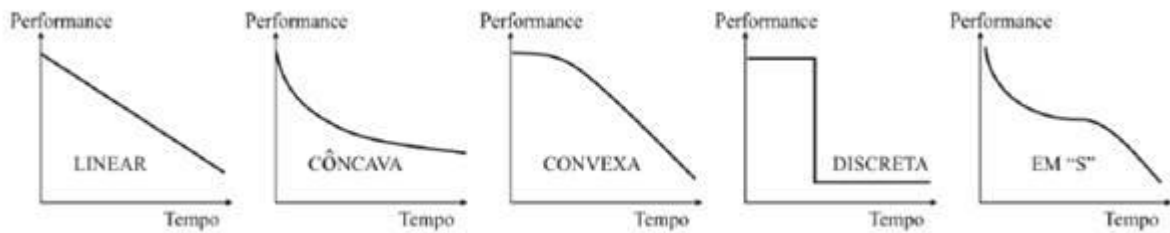


Figura 2.3 - Tipos de curvas de degradação (SILVA, 2014, adaptado de SHOHET et al (1999) e GASPAR (2009)).

Problemas patológicos distintos tem relação de causa e efeito entre si. Métodos simplificados de diagnóstico muitas vezes não consideram as anomalias de forma combinada, desprezando relações significativas entre elas. Os índices pretendem analisar quantitativamente a fachada relacionando as anomalias e utilizando coeficientes que dão maior valor de importância a anomalias dito críticas.

Para avaliar o desempenho de fachada, vários modelos de cálculo do nível de degradação foram propostos. Esses modelos relacionam a perda de desempenho dos elementos às suas condições de idade e de serviços por meio de índices quantitativos, indicadores de degradação global.

Diversos índices foram apresentados por pesquisadores com o intuito de construir modelos de degradação e obter estimativas da vida útil do sistema analisado. Dentre estes, podemos citar os estudos de Shohet et al. (1999), Gaspar e Brito (2008, 2011), Sousa (2008), Silva (2009), Taguchi (2010), Galbusera (2013), Silva (2014) e Souza (2016).

Focaremos nos índices desenvolvidos na pesquisa de Souza (2016), que teve como base para o seu desenvolvimento o índice Fator Geral de Danos - FGD de Silva (2014). Adaptações dos parâmetros utilizados por Silva (2014) foram feitas como adequação de critérios para a realidade do universo de estudo adotado, assim como a criação de um novo índice para verificar a sensibilidade dos danos que ocorrem em diferentes regiões específicas da fachada.

2.2 PROCEDIMENTOS DE INSPEÇÃO TÉCNICA DO LEM/UNB

Os métodos de coleta de informação e procedimentos de vistoria empregados pelo LEM/UNB foram concebidos a partir de um sistema de catalogação de informações produzido por sua equipe, que tem coletado informações de edifícios em condições reais de utilização e de exposição a mais de 20 anos, com propósito de atender à demanda técnica.

O Método de Mensuração de Degradação (MMD) deriva-se de um detalhamento dos procedimentos descritos a seguir.

A metodologia de inspeções técnicas fundamenta-se, basicamente, em cinco fases descritas por Silva (2014): investigação documental, investigação de campo, ensaios laboratoriais, mapeamentos de danos da fachada e diagnóstico (SILVA, 2014; BAUER & CASTRO, 2007):

- Investigação documental

Fase de levantamento de informações técnicas do edifício. Projetos arquitetônicos, estruturais, de revestimento, histórico de manutenções, dados sobre a região. Informações sobre o sistema construtivo e estrutural do edifício. O máximo de informações de caracterização possíveis, coletadas no próprio edifício, em repartições ou por intermédio de moradores.

- Investigação de campo

Fase de vistorias *in loco*, com realização de inspeções visuais detalhadas com registro fotográfico da área de amostragem. Binóculos, câmera fotográfica digital com boa resolução, câmeras especiais (infravermelho) são ferramentas que podem ser utilizadas para o boa amostragem. A precisão na identificação das anomalias depende das inspeções visuais e da coleta correta dos levantamentos fotográficos, que deve ser capaz de identificar falhas e danos visíveis existentes no sistema de revestimento de fachada. Se possível pode-se identificar as camadas constituintes, as espessuras das camadas e os agentes de degradação.

- Ensaios laboratoriais

Fase de ensaios *in loco*. Podem ser feitos ensaios de aderência à tração (*pull-out*), de caracterização dos materiais (absorção e gretamento), entre outros, que forneçam informações para melhor compreensão das propriedades e comportamento em uso dos revestimentos.

- Mapeamento dos danos

Fase de mensuração das degradações. Na fase de mapeamento dividimos as fachadas em amostras a serem estudadas e seus danos visíveis são demarcados em um desenho esquemático da área de cada amostra. O mapeamento das fachadas que apresentam ocorrência de patologias divide os danos por regiões das amostras, visando quantificar a incidência de danos e utilizar essas informações no diagnóstico.

- Diagnóstico

A fase de diagnóstico consiste em estabelecer hipóteses para descrever os mecanismos específicos responsáveis pela origem e desenvolvimento das anomalias que ocorrem nas fachadas inspecionadas, a partir das informações coletadas anteriormente.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS EDIFÍCIOS E DIVISÃO DE AMOSTRAS

Para iniciar o método de avaliação de fachadas de um edifício primeiramente dividimos as áreas de suas fachadas em amostras, que serão estudadas individualmente para a quantificação de seu nível de degradação e sua análise.

A amostragem das fachadas consiste em separá-las em função de sua extensão, como na Figura 2.4, para facilitar sua análise. No item 3.2 deste trabalho é tratado o detalhamento de divisão das amostras e sua identificação.



Figura 2.4 - Exemplo de amostra de fachada (SOUZA, 2016)

Cada edifício apresenta particularidades na sua disposição de amostras. Em amostras que apresentarem mais de um tipo de sistema de revestimento na sua composição somente são consideradas as regiões da fachada revestidas com elementos cerâmicos.

2.3.1 Orientação das Fachadas

As orientações das amostras de fachadas podem ser identificadas a partir do uso de programas de visualização de mapas e imagens de satélite como o Google Maps.



Figura 2.5 - Imagem com localização e detalhe de edifício, pelo Google Maps (SILVA, 2014)

Definimos quatro quadrantes, balizados pelos azimutes, para agrupar as fachadas nas principais orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste), como descrito a seguir e ilustrado na Figura 2.6. Esta forma de classificação foi utilizada por Souza (2016), Silva (2014) e por Garrido, Paulo e Branco (2012).

- Faixa de Orientação Norte: compreendida entre os azimutes 315° e 44° ;
- Faixa de Orientação Leste: compreendida entre os azimutes 45° e 134° ;
- Faixa de Orientação Sul: compreendida entre os azimutes 135° e 224° ;
- Faixa de Orientação Oeste: compreendida entre os azimutes 225° e 314° ;

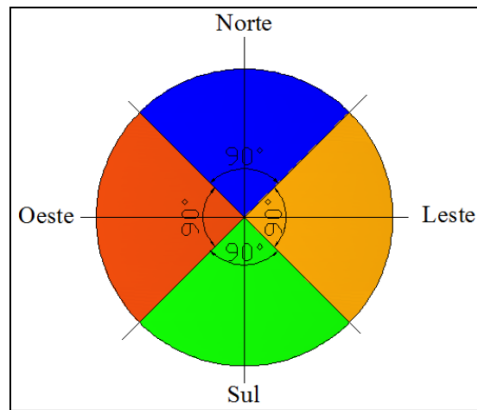


Figura 2.6- Amplitude dos quadrantes Norte (N), Leste (L), Sul (S) e Oeste (O) para classificação da orientação das amostras de fachadas (SILVA, 2014).

A Figura 2.7 mostra a forma como a orientação é efetuada. A fachada ER-011 apresenta empenas orientadas à 56° a partir do eixo norte, ou seja, a mesma é classificada como empena Leste. Consequentemente, as prumadas ficam orientadas a Norte.

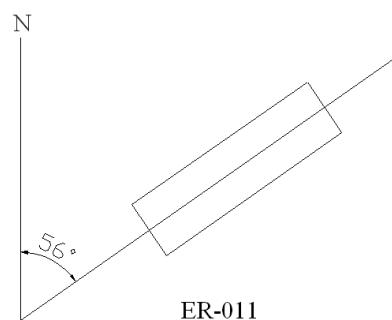


Figura 2.7 – Orientação da amostra de fachada ER-011 (56° L) (SILVA, 2014)

2.3.2 Tabela de Caracterização dos Edifícios

Tabela de caracterização geral de um edifício por Souza (2016), sendo listadas as informações gerais. A seguir é apresentado um exemplo de tabela de caracterização geral de um edifício (Tabela 2.1):

Tabela 2.1 – Exemplo de caracterização do edifício (SOUZA, 2016)

Características	Informações
Código de identificação	11
Edifício	Porto do Sol
Local:	Sudoeste
Dimensão pastilha cerâmica	10 x 10
Quant. de Amostras	3
Cor da pastilha cerâmica	Clara
Juntas entre pavimentos	Não
Ano de Inspeção	2007
Ano de Ocupação	1990
Idade da edificação no ano de vistoria	17
Relatório consta intervenção? Quando?	Não
Número de pavimentos	6
Tem relatório?	Sim
Mapeamento	Sim
Fotos	Sim
Observações	----

2.4 MÉTODO DE MENSURAÇÃO DE DEGRADAÇÃO (MMD)

Após a amostragem das fachadas é feito a demarcação e quantificação das áreas danificadas, pelo seu mapeamento, de modo a mensurar a degradação em cada amostra. Aqui são estabelecidos os critérios adotados no Método De Mensuração De Degradação – MMD, para a quantificação de danos do LEM/UNB, como descrito por Souza (2016).

A padronização do MMD foi realizada através da definição de procedimentos básicos, são eles:

- A. Sobreposição de uma malha sobre a representação da amostra;
- B. Divisão da malha por andares;
- C. Divisão das unidades da malha por regiões da fachada;
- D. Contabilização dos danos identificados e preenchimento da ficha de danos de cada amostra.

A. Sobreposição da Malha sobre Amostras

A malha a ser utilizada foi concebida com unidades nas dimensões de 0,50m x 0,50m, equivalente a uma área de 0,25 m². A área de 0,25 m² adotada foi concebida a partir de testes em malhas com outras dimensões e refinamento da resolução até chegar na dimensão utilizada (SILVA, 2014).

A Figura 2.8 mostra a malha sobreposta sobre uma amostra. A partir de uma contagem simples de unidades de malha e multiplicação pela sua área, temos o valor da sua área total e da área danificada por cada anomalia. Se forem observados 3 unidades de malha em que aparece um descolamento, por exemplo, isso equivale a 3 unidades do respectivo dano. Multiplicamos essas 3 unidades de dano pela área da unidade de malha, 0,25m² para chegar a área danificada. Essa contagem das anomalias por metro quadrado é posteriormente utilizada nos cálculos dos índices de degradação das fachadas (SILVA, 2014; SOUZA, 2016).

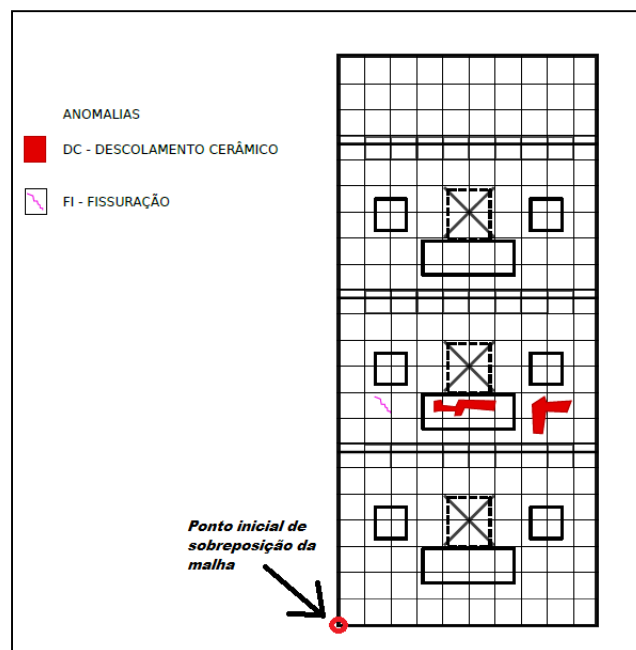


Figura 2.8 - Esquema ilustrativo do critério de sobreposição da malha (SOUZA, 2016)

O ponto inicial de sobreposição das malhas dá-se pela parte inferior esquerda do mapeamento, conforme ilustrado na Figura 2.8. Pode ocorrer mais de um tipo de anomalia em uma mesma unidade de malha.

2.4.1 Divisão das Fachadas por Andares e por Região

Após a sobreposição da malha sobre as amostras fazemos a divisão da fachada por andares, e em seguida cada unidade deve ser classificada em regiões, que serão determinantes nos cálculos dos índices de degradação.

Souza (2016) se baseando na classificação feita por Silva (2014) a partir de definições iniciais de Antunes (2010) e Gaspar e Brito (2008), optou por classificar as fachadas em 6 regiões, nesta ordem:

- Sacadas (SC) – áreas de paredes de guarda corpo que se sobressaem do plano de fachada;
- Topo (TO) – áreas de platibanda.
- Aberturas (AB) – áreas em torno das janelas;
- Transição entre Pavimentos (TP) – áreas entre os andares, a cada pé direito;
- Cantos e Extremidades (CE) – áreas de contorno do plano de fachada;
- Paredes Contínuas (PC) – áreas contínuas;

A divisão da malha por regiões tem importância significativa no método, pois permite a verificação da intensidade e/ou gravidade da degradação da fachada em análise, associada à importância das regiões incidentes, e sua frequência de ocorrência. No item 3.3 deste trabalho detalha-se a classificação das regiões.

2.4.2 Contabilização dos Danos Identificados e Ficha de Quantificação

As anomalias caracterizadas para as avaliações da evolução da degradação em fachadas são:

- Descolamento de peças cerâmicas (DC)
- Falha de rejunte (FR)
- Fissuração (FI)
- Eflorescência (EF)
- Falha de vedação (FV)

Não entramos em detalhes na identificação das patologias. Indica-se o Guia Técnico de Identificação de Manifestações Patológicas em Sistema de Revestimento de Fachada (ANTUNES, 2010) para este fim. Este guia apresenta as patologias por meio de fichas com registro fotográfico e informações técnicas que facilitam a identificação e caracterização de danos que ocorrem em sistemas de revestimento de fachadas (SOUZA, 2016).

A escolha destes tipos de patologias ocorreu em função das informações contidas nos mapeamentos de danos fornecidos pelo LEM-UnB e também por serem anomalias comuns em sistemas de revestimento cerâmico. (SOUZA, 2016). Deslocamentos e Descolamentos são classificados como um mesmo tipo de anomalia na metodologia, como Descolamento Cerâmico (DC). Bolor, mofo e eflorescências são classificados como Eflorescências (EF). Gretamento não é considerado na metodologia.

Falhas de Rejunte (FR), Eflorescências (EF), e Falha de Vedação (FV) são consideradas como anomalias de menor influência no nível de desempenho do que anomalias de Descolamento Cerâmico (DC) e Fissuras (FI).

Seguindo a metodologia de Souza (2016), após a definição de regiões que cada unidade de malha representa, faz-se a contagem das unidades de malha com anomalias em cada amostra de fachada e preenche-se a Ficha de Quantificação (FQ). Nas FQ's são registradas informações de identificação e também, a partir uma contagem simples de unidades de malha, o valor da área da total e da área danificada, de forma a classificar o tipo, o andar e a região do dano identificado. Na seguinte Figura 2.9 é demonstrado um exemplo de FQ, como definido por Souza (2016).

Edifício: Ed. Porto do Sol Identificação: _____
 Orientação: Norte

		DC	FI	FR	EF	FV	TT
1º Andar	PC						
	AB						32
	SC	27					64
	CE						
	JP						
	TP						
2º Andar	PC						
	AB						32
	SC	21					64
	CE						
	JP						
	TP						
3º Andar	PC						
	AB						32
	SC	15					64
	CE						
	JP						
	TP						
4º Andar	PC						
	AB						32
	SC	2					64
	CE						
	JP						
	TP						
5º Andar	PC						
	AB						32
	SC	8	5				64
	CE						
	JP						
	TP						
6º Andar	PC						
	AB						32
	SC	10	5				64
	CE						
	JP						
	TP						
TO							64

Figura 2.9 – Exemplo de Ficha de Quantificação (FQ) (SOUZA, 2016)

2.5 TRATAMENTO DOS DADOS – ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO

Após a quantificação da ocorrência de patologias, fazemos duas análises das fachadas, por modelos de quantificação da degradação. A primeira, preliminar, pelo cálculo do Fator de Danos total, que representa a extensão de área degradada da fachada, e a segunda pelos índices FGDa e FGDb, que seus valores podem ser comparados com curvas de degradação já produzidas.

2.5.1 Fator de Danos (FD)

O fator de danos é um índice utilizado para efetuar um diagnóstico inicial, relacionando a área de danificação da fachada em função de sua área total. Fachadas que apresentam maiores valores para o Fator de Danos são aquelas em que se constata maior processo de degradação (SILVA, 2014).

Representa a extensão de área degradada em determinada amostra. É calculado conforme apresentado na Equação:

$$FD = \sum \frac{Ad(n)}{At} \quad \text{Equação 2.1}$$

Onde:

FD: Fator de Dano total da fachada;

Ad: área danificada de determinada anomalia (n), calculada na fase de mapeamento;

At: área total da amostra.

O índice não considera a influência e a importância de cada tipo de anomalia presente no fenômeno de degradação, então é utilizado como análise preliminar básica e como balizador dos estudos de degradação que estimam a vida útil.

O FD pode ser calculado em função da degradação total geral e em função do somatório de área de anomalias específicas, pela degradação de cada região ou elemento de arquitetura, por faixas de idade de fachada ou por orientação cardinal. Consideramos o FD_{Total} o somatório de área de degradação de todas as anomalias (Ad_i) sobre a área total da amostra analisada.

O Fator de Dano Total (FD_{Total}) está diretamente associado aos fatores de danos das anomalias existentes na amostra, ou seja, o somatório de FD de cada anomalia equivale ao FD_{Total} . Devido ao fato da área danificada de cada anomalia ser calculada por unidade de malha como explicitado anteriormente, há a possibilidade de sobreposição de diferentes anomalias em uma mesma unidade, levando o FD_{Total} a poder ultrapassar o valor de 1,00 (SOUZA, 2016).

2.5.2 Fator Geral de Danos (FGD)

O estudo de FD de uma amostra é utilizado como diagnóstico inicial pois ele exprime um valor que pode ser utilizado em porcentagem para uma fácil quantificação de área total degradada em uma fachada. Porém este fator caracteriza apenas os fenômenos de degradação e não reflete a condição nem a gravidade em que o dano se apresenta. O FGD estabelece uma relação entre gravidade da área degradada e a pior condição de degradação possível de uma fachada (SOUZA, 2016).

O estudo desenvolvido por Silva (2014) estabeleceu o índice FGD, que formou a base para o desenvolvimento dos índices FGDa e FGDb por Souza (2016). Foram feitas adaptações dos parâmetros utilizados, tendo em vista as diferenças dos critérios adotados na quantificação de danos e reformulação com novos dados. Sua maior compatibilidade com as curvas de degradação desenvolvidas faz com que demos foco nestes dos índices para análise mais complexa de desempenho nas fachadas.

O FGDb é uma adaptação do FGDa proposto para considerar a importância de cada região em que se encontram as anomalias.

- **FGDA – Fator Geral de Danos adaptado para o banco de dados**

O FGDa determina a gravidade de degradação. Busca-se medir a área degradada (A_d), ponderar em relação à gravidade da anomalia (k_{nA}), associar a importância relativa do tipo de anomalia (k_{cn}) e a dividir pela área total da amostra associada a pior condição possível (SOUZA, 2016).

$$FGD_A = \frac{\sum A_{d(n)} \times k_{nA} \times k_{cn}}{\sum k_{m\acute{a}x} \times A_t} \quad \text{Equação 2.4}$$

Onde:

$A_d(n)$: área danificada por uma anomalia n (m^2);

k_{nA} : constante de ponderação das anomalias n , em função do nível de condição, onde $k_n \in \{1,2,3,4\}$;

$k_c(n)$: constante de ponderação da importância relativa das anomalias detectadas;

$\sum k_{m\acute{a}x}$: somatório das constantes de ponderação ao nível da pior condição, $\sum k_{m\acute{a}x} = 17$.

A_t : Área total da amostra de fachada (m^2).

O k_{nA} é o nível de condição de degradação, que estabelece uma escala de degradação, de forma hierárquica, das anomalias conforme sua extensão de ocorrência, como apresentado na Tabela 2.1. O coeficiente tem valores discretos de acordo com o grau de degradação da anomalia. A escala de degradação é apresentada em cinco níveis de condição entre 0 (sem degradação visível) e 4 (degradação generalizada), correspondendo o nível 3 ao fim da vida útil do sistema em análise.

Tabela 2.2 - Critério de níveis de condição (k_{na}) utilizados para o FGDa. (SOUZA, 2016)

Nível de condição	Tipo de dano	Nível de ponderação (k_{na})	% área degradada
Nível 0 – Melhor condição	Degradação não detectável visualmente	-	-
Nível 1 – Boa condição	Falha de Rejunte (FR)	1	< 4,3%
	Eflorescência (EF)		< 1,2%
	Falha de Vedação (FV)		< 5,7%
Nível 2 – Degradação ligeira	Falha de Rejunte (FR)	2	4,3% < x < 9,0%
	Eflorescência (EF)		1,2% < x < 1,5%
	Falha de Vedação (FV)		5,7% < x < 8,1%
	Fissuração (FI)		< 4,0%
	Desc. Cerâmico (DC)		< 37,1%
Nível 3 – Degradação moderada	Falha de Rejunte (FR)	3	> 9,0%
	Eflorescência (EF)		> 1,5%
	Falha de Vedação (FV)		> 8,1%
	Fissuração (FI)		4,0% < x < 6,1%
	Desc. Cerâmico (DC)		37,1% < x < 49,1%
Nível 4 – Degradação generalizada	Fissuração (FI)	4	> 6,1%
	Desc. Cerâmico (DC)		> 49,1%

Danos de fissuração (FI) e descolamento cerâmico (DC) começam com valores de k_{na} a partir de 2 e podem ir até 4 dependendo de sua porcentagem de área, por serem danos mais significativos à perda de desempenho do sistema. Falhas de rejunte (FR), eflorescências (EF), e falhas de vedação (FV) vão apenas até o nível de degradação 3 por serem de menor influência comparada as outras duas.

Conforme pesquisas anteriores de Bordalo *et al.* (2010), Silva (2009) e Silva *et al.* (2011a) o valor de $\sum k_{máx}$ considera o somatório das constantes de ponderação equivalente ao nível da pior condição de todas as anomalias consideradas. Pela Tabela 2.2 podemos ver que o somatório do máximo valor de k_n ($4 + 4 + 3 + 3 + 3$) equivale a $\sum k_{máx} = 17$ (SOUZA, 2016).

A variável k_{cn} é o fator relativo de custo de reparo e representa a ponderação da importância relativa atribuída ao custo de reparação de cada tipo de dano. Esta constante é obtida em função da proporção pelo custo de reparo de dano mais elevado e não varia com a área de danos de cada anomalia. Os valores associados à essa variável foram calculados através da composição de custo unitário para serviços de reparos em Brasília (SILVA, 2014).

Tabela 2.3 - Constantes de ponderação da importância relativa das anomalias (SOUZA, 2016)

Anomalias	$k_{c(n)}$
Falha de Rejunte (FR)	0,06
Eflorescência (EF)	0,12
Falha de Vedação (FV)	0,08
Fissuração (FI)	1,00
Desc. Cerâmico (DC)	0,82

- **FGD_B – Fator Geral de Danos adaptado para as regiões**

Para considerar a sensibilidade dos danos que ocorrem nas regiões que compõem as fachadas insere-se no FGDa um fator que pondere a área degradada (A_d) associada à região em que a anomalia ocorre (SOUZA, 2016).

Este fator denominado k_r , é uma variável adimensional definida a partir do banco de dados dos edifícios analisados pelo LEM, que considera que 80% de cada região, seu valor característico, é equivalente a 80% da frequência de ocorrência de anomalias.

Tabela 2.4 - Valores de k_r para cada região. (Adaptado de SOUZA, 2016)

Região	K_r
Paredes Contínuas (PC)	0,68
Aberturas (AB)	0,50
Sacadas (SC)	0,28
Cantos e Extremidades (CE)	0,75
Transição entre Pavimentos (TP)	1,00
Topo (TO)	0,67

A adaptação do método para as regiões é denominada FGDb e é calculado conforme expresso na Equação 2.5.

$$FGD_B = \frac{\sum(A_{dr(n)} \times k_{nA} \times k_{cn} \times k_r)}{A_t \times \sum k_{máx}} \quad \text{Equação 2.5}$$

Onde:

$A_{dr(n)}$: área danificada por uma anomalia n (m^2) em determinada região (r);

K_{nA} : constante de ponderação das anomalias n, em função do nível de condição, onde $k_{nA} \in \{1,2,3,4\}$;

$K_c(n)$: constante de ponderação da importância relativa das anomalias detectadas;

K_r : constante de ponderação da importância das regiões r;

$\sum k_{máx}$: somatório das constantes de ponderação ao nível da pior condição, $\sum k_{máx} = 17$.

A_t : Área total da amostra de fachada (m^2).

3 DIVISÃO DE AMOSTRAS E ANÁLISE DOS ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO

3.1 INTRODUÇÃO

Este trabalho propõe contribuir com a consolidação dos métodos de avaliação e diagnóstico de degradação em fachadas, utilizada pelo Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM – UnB). A metodologia deste trabalho se divide em duas partes:

- Primeiramente, tem objetivo de complementar a amostragem e classificação das fachadas e observar o comportamento dos índices de degradação FGDa e FGDb propostos por Souza (2016), por meio de simulações, em função de diferentes anomalias e graus de degradação.
- Em seguida, aplicamos o Método de Mensuração de Degradação (MMD), em cinco edifícios de Brasília, três por meio de vistoria física e dois aplicando a teoria em edifícios previamente avaliados, analisando a degradação de suas fachadas a partir do cálculo de índices de degradação e sua posição comparativa em curvas de tendência de degradação.

O trabalho propõe contribuir com a consolidação da metodologia apresentada pelo MMD, como descrita por pesquisadores como Souza (2016), Silva (2014) e Antunes (2010). Ele se inclui na metodologia de avaliação e diagnóstico da degradação em fachadas, que vem sendo aperfeiçoada e utilizada pelo Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM – UnB).

3.2 AMOSTRAGEM DE FACHADAS

Ao analisar um edifício pelo MMD divide-se suas fachadas em amostras, que serão estudadas individualmente, para a quantificação de seu nível de degradação e sua análise de desempenho.

Diferenciaram-se as fachadas em empenas, como as fachadas laterais de um edifício, possivelmente sem esquadrias, e prumadas, como a linha de fachadas frontais ou traseiras de uma construção. A Figura 3.1 mostra como as fachadas são classificadas em cada categoria:



Figura 3.1 – Identificação da prumada e empena em uma amostra de fachada (SILVA, 2014).

3.2.1 Divisão de fachadas em amostras

A etapa de amostragem começa pela divisão das fachadas em amostras, em função de sua extensão. Dividiu-se cada fachada para facilitar a sua análise, avaliando-as em faixas de extensão menor. Cada lado do edifício, empena ou prumada, pode ser dividido. A fachada frontal de um edifício (prumada), por exemplo, pode ter sua área dividida em múltiplas amostras equivalentes. Cada uma terá anomalias contabilizadas em sua área que serão analisadas pela metodologia.

Essa divisão pode ser feita em juntas de movimentação estruturais verticais, como na Figura 3.2 de Silva (2014), ou em descontinuidades, quando houverem. As divisões são feitas para criar amostras mais homogêneas, para facilitar a análise, ou por necessidade caso a fachada seja interrompida por reentrâncias ou por uma quebra no plano por avanços. Empenas podem ser analisadas por completo, sem divisão, se assim convir. Uma amostra não pode apresentar diferenças de orientação em sua área.

Como o cálculo dos índices de degradação levam em conta a área de anomalias dividida pela área total da amostra, áreas totais muito grandes ou pequenas podem levar a resultados não

representativos do dano. Consideramos nas vistorias o limite máximo de até 6 andares de altura e aproximadamente 400m² de extensão. Não foi definido um valor de limite mínimo.



Figura 3.2 – Divisão da prumada de um edifício em quatro amostras (P1, P2, P3 e P4) entre as juntas de movimentação estrutural. (SILVA, 2014)

Áreas revestidas sobre elementos não habitáveis acima da cobertura, como caixas-d'água, casas de máquina de elevadores, depósitos de materiais, cercado de jardins, entre outros, devem ser divididas em suas próprias amostras, que terão suas áreas inteiramente consideradas como região Topo (TO) na fase de mapeamento.

As incidências de patologias são analisadas por amostra. Para uma avaliação diferenciada do edifício amostras também podem ser agrupadas e analisadas tanto em função da orientação das fachadas, bem como em função de regiões diferenciais das fachadas (como fachadas de caixas de elevador) ou ainda em função da altura da fachada (por andares da fachada).

3.2.2 Rebatimento Das Fachadas

Considerando a Figura 3.3 como a representação de um edifício hipotético a ser analisado, inicialmente dividimos suas fachadas em amostras, como descrito. Na existência de uma caixa de escadas dividiu-se os lados da caixa em amostras diferentes, assim como em outros planos que causem uma descontinuidade em um dos lados do edifício.

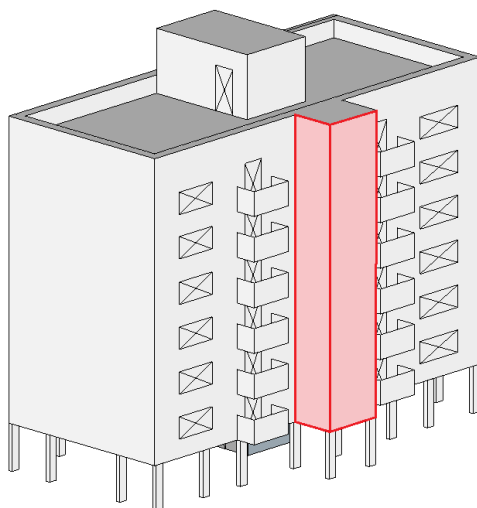


Figura 3.3 – Edifício hipotético, com amostras da caixa de escada destacada em vermelho.

No caso inverso, caso exista uma reentrância no edifício que se estenda por todos os andares, dividiu-se as fachadas nessa região em amostras diferentes, de acordo com as suas orientações. Na Figura 3.4 indicamos um exemplo de amostra neste caso. As outras fachadas também deverão ser divididas em amostras.



Figura 3.4 - Exemplo de amostra em reentrância no edifício.

Elementos revestidos do prédio que se projetam para fora do plano das fachadas, como sacadas, devem ter os seus lados contabilizados em amostras. Em análise de amostras do LEM foi observado que o comportamento das áreas revestidas dos lados de uma sacada se comportam como a área revestida de sua frente (SOUZA, 2016). Na Figura 3.5 temos uma

amostra do edifício hipotético mostrado na Figura 3.3, que engloba uma das laterais das sacadas em uma mesma amostra. Também é mostrado uma amostra que engloba a prumada do edifício e a frente das sacadas.

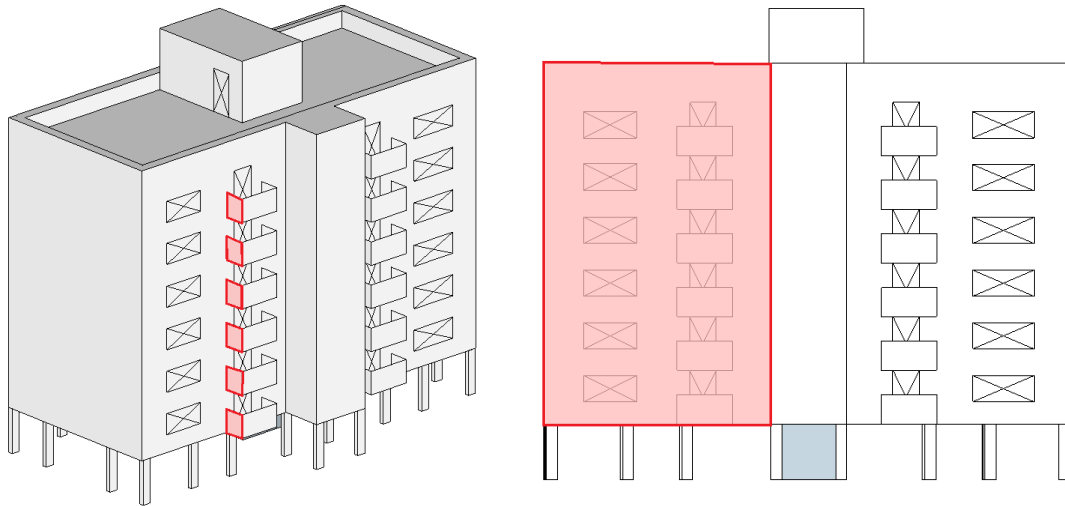


Figura 3.5 – Exemplo de amostras. Laterais das sacadas (esquerda), empena (direita).

3.2.3 Identificação das Amostras

É atribuído um código de identificação para cada amostra do edifício. Com o prefixo “A”, damos um número para identificar o edifício inspecionado e depois de um ponto damos a letra P para prumada ou E para empena e numeramos a amostra da fachada inspecionada. Por exemplo, um edifício qualquer, que possui número de identificação 2, tem formato retangular e suas duas prumadas foram subdivididas em duas amostras. Suas fachadas foram divididas em 4 amostras de prumadas e 2 amostras de empenas. As amostras deste edifício serão identificadas como A2.P1, A2.P2, A2.P3, A2.P4 e A2.E1, A2.E2.

3.3 CLASSIFICAÇÃO E DIVISÃO DAS REGIÕES

As diversas regiões das fachadas apresentam processo de degradação diferenciado em virtude de alguns fatores, como forma de exposição, dimensão da área da região ou ainda por outros fatores que atuam sobre os elementos da fachada (SOUZA et al., 2015).

A definição das regiões é feita de forma sequencial, após a demarcação dos andares são definidas as regiões em que se encontram cada unidade. É proposto a seguinte ordem de classificação:

- 1 - Sacadas (SC);**
- 2 - Topo (TO);**
- 3 - Aberturas (AB);**
- 4 - Transição entre Pavimentos (TP);**
- 5 - Cantos e Extremidades (CE);**
- 6 - Paredes Contínuas (PC).**

Está ordem foi escolhida pela influência que as características de cada região desempenham na ocorrência de anomalias. Sacadas pelo balanço dos elementos; Aberturas, Cantos e Extremidades e Transições entre Pavimentos pela concentração de tensões e pela dilatação térmica diferencial nas regiões; Topo pela maior exposição aos agentes atmosféricos; e Paredes Contínuas pela sua extensão.

Definimos aqui a classificação das unidades da malha sobreposta, em cada região da amostra de fachada:

- Sacadas (SC) – áreas de paredes que se sobressaem do plano de fachada.

Unidades diretamente sobrepostas à guarda-corpos e parapeitos de sacadas em balanço, unidades sobre marquises ou outros elementos que se sobressaiam a fachada, incluindo as unidades que estiverem sobre as extremidades desses elementos. A particularidade dessa região é o balanço do elemento do edifício.

Guarda-corpos de varandas que existirem internamente ao edifício, sem se sobressair ao plano da fachada, não são classificadas nessa região. Podem ser classificadas como parede contínua (PC) e suas extremidades como cantos e extremidades (CE), ou como outras regiões que as podem definir. Se não possuírem esquadrias não devem ser consideradas regiões de abertura.

- Aberturas (AB) – áreas em torno de janelas e portas.

As unidades da fachada que serão consideradas nessa região serão aquelas que estiverem contornando aberturas, sobre as suas esquadrias, caixilhos ou extremidades.

Unidades sobre trilhos e conexões de fechamentos de vidro sobre sacadas ou varandas também são consideradas unidades de abertura. As unidades que não estiverem contornando as extremidades e estiverem sobre a parte interior das aberturas não são classificadas em nenhuma região e não entram no somatório de área total da fachada. Falhas de vedação são anomalias típicas de aberturas, porém outras anomalias como fissuras e descolamentos cerâmicos também podem ocorrer nessa região.

- Cantos e Extremidades (CE) – áreas de contorno do plano de fachada e de discontinuidades.

As unidades classificadas como Cantos e Extremidades serão as que estiverem diretamente ligadas as extremidades da fachada. Unidades no limite de reentrâncias ou projeções, também devem ser consideradas nessa classificação.

Serão consideradas unidades de CE as que estiverem a até uma unidade de distância das extremidades. Unidades que estiverem sobre discontinuidades no plano da fachada devem ser consideradas como em regiões de cantos e extremidades caso o elemento não esteja em balanço, como por exemplo a transição entre a fachada e uma caixa de escadas que se estende a todos os andares do prédio.

- Transição entre Pavimentos (TP) – áreas entre os andares, a cada pé direito.

As unidades classificadas como transição entre pavimentos serão as que estiverem diretamente sobre a divisão entre dois pavimentos sequenciais, seja essa divisão visível por juntas horizontais ou não.

Em um edifício com Pilotis, a primeira linha inferior de unidades, sobre a laje do primeiro pavimento, deve ser considerada como uma região de cantos e extremidade (CE).

- Topo (TO) – áreas acima do último pavimento.

Unidades em áreas revestidas acima da laje de cobertura do último pavimento tipo. Unidades que estiverem sobre platibandas, paredes ou outro tipo de proteção, que se ergam acima da cobertura ou terraço do prédio.

Prédios escalonados, com coberturas a diferentes níveis, também devem ter unidades classificadas como Topo (TO) sobre as platibandas de cada cobertura. Áreas revestidas sobre elementos não habitáveis acima da cobertura, como caixas-d'água, casas de máquina de elevadores, depósitos de materiais, cercado de jardins, entre outros, também devem ser consideradas como Topo (TO). A transição entre o último pavimento tipo e a cobertura deve ser considerada como Transição entre Pavimentos (TP).

- Paredes Contínuas (PC) – áreas contínuas do pano.

Unidades sobre extensões sem discontinuidades da fachada.

Unidades sobre planos contínuos de revestimentos da amostra de fachada, sem peculiaridades, que não foram classificadas em nenhuma das outras regiões. Devem ser classificadas por último. Essa é a região com frequentemente maior extensão de área sobre as fachadas.

Na Figura 3.6 tem-se um exemplo do mapeamento e classificação das unidades de malha sobrepostas nas fachadas de um edifício hipotético. Na Figura não estão indicadas as divisões das fachadas em amostras analisadas, apenas a classificação das unidades da malha em cada região. As unidades em cinza estão sobre a parte interior das aberturas e não são classificadas em nenhuma região, não entrando no somatório de área total da fachada.

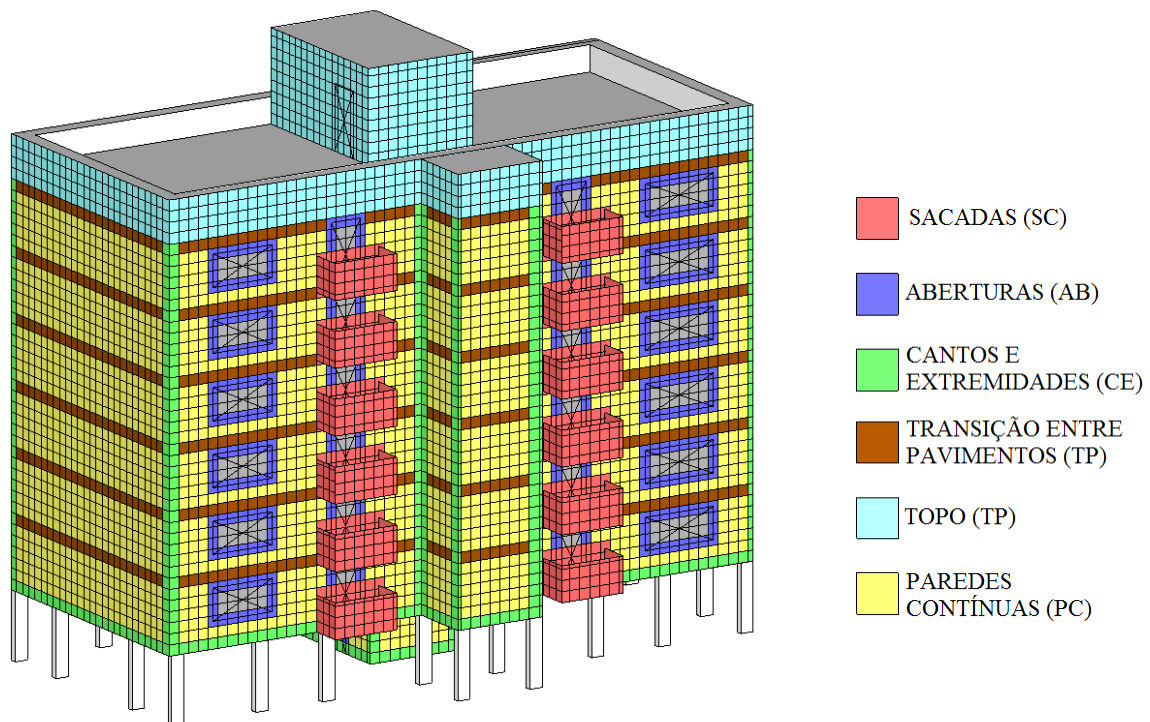


Figura 3.6 – Edifício hipotético com malha sobreposta e divisão das unidades em regiões.

3.4 SIMULAÇÕES E ESTUDO DOS ÍNDICES DE DEGRADAÇÃO

Um dos principais objetivos do estudo de Souza (2016) foi revelar padrões e tendências de degradação a partir da investigação das anomalias nas edificações, por meio dos Fatores de Danos e índices de degradação. Busca-se por intermédio destes índices calculados encontrar um modelo que possa representar a evolução da degradação das fachadas e sistematizar um modelo funcional de estimativa de sua vida útil (SILVA, 2014; SOUZA, 2016).

Como forma de analisar o comportamento dos resultados alcançados pelo cálculo dos índices propostos (FGDa e FGDb), em relação a situação de degradação em que uma fachada se encontra, simulamos diferentes graus de degradação em duas fachadas hipotéticas, de área total igual a 100 m², e calculamos os seus índices de degradação correspondentes, interpretando a sua relação com o Fator de Danos Total (FDt) e a influência das variáveis presentes no cálculo.

Para cada simulação, plotamos os resultados de FGDa x FDt (sem divisão de regiões) ou FGDb x FDt (com divisão de regiões) das fachadas para diferentes áreas de degradação, analisando o valor alcançado pelos índices correspondentes, da situação com mínimo de área degradada até a pior situação possível.

3.4.1 Sem Divisão de Regiões

Em uma primeira fachada hipotética, sem divisão de regiões, simulamos 4 casos de degradação diferentes:

- 1ª Simulação – Fachada com Descolamento Cerâmico (DC);
- 2ª Simulação – Fachada com Fissuração (FI);
- 3ª Simulação – Fachada com DC e FI;
- 4ª Simulação – Todas as anomalias consideradas no método.

No Anexo I são apresentados os gráficos das simulações, com a relação FDt e os índices de degradação.

Foi observado que há uma relação de dependência entre a área de degradação total (FDt) e os índices de degradação FGDa e FGDb. Quando há apenas um tipo de anomalia na fachada a relação entre FDt e FGDa é linear, sendo que quanto maior o coeficiente de grau de degradação kna da anomalia, maior o ângulo de inclinação.

Podemos ver que fissuras são mais determinantes no valor de FGDa por terem um kn maior. Para um mesmo valor de FDt, a segunda e terceira simulações tem valores maiores de FGDa do que a primeira simulação.

Na quarta simulação observou-se a comportamento dos resultados ao incluirmos as anomalias secundárias eflorescência (EF), falha de vedação (FV) e falha de rejunte (FR). Ao aumentarmos o número de anomalias presentes no sistema, a curva se aproxima ao modelo de regressão polinomial, com alto valor de coeficiente de determinação R^2 , indicando um ajuste aproximado da curva a este modelo. Quanto maior a degradação do sistema (indicada pelo FDt) maior o seu valor de FGDa (e consequentemente FGDb), crescendo por meio de uma função polinomial de segundo grau. A Figura 3.7 mostra o comportamento da curva.

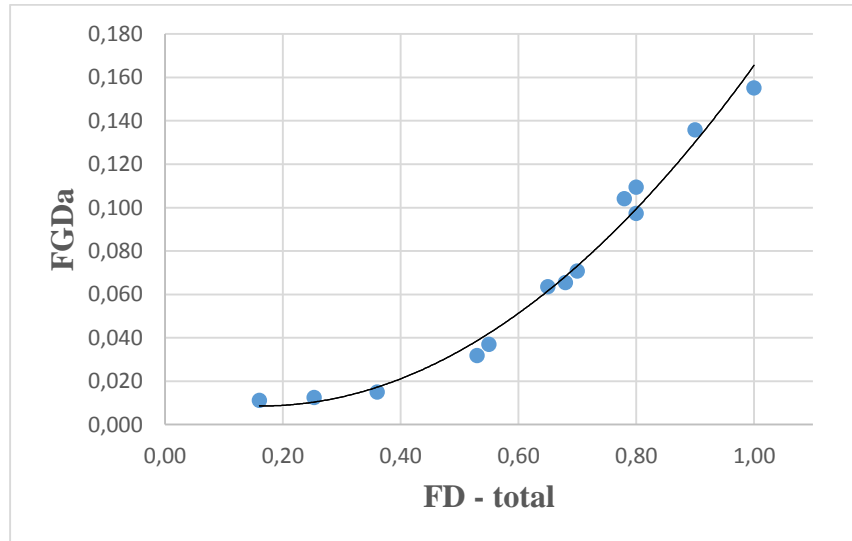


Figura 3.7 – Curva FDt x FGDa gerada para a 4ª simulação, com presença de todos os tipos de anomalias consideradas no método.

Esta curva também permite obter valores de referência de FGDa, utilizados como comparação. Uma amostra de fachada com valor de FGDa próximo de 0,15; ou 15%; se

encontra próxima da máxima extensão de degradação, indicada pelo FDt de 100%. Uma degradação próxima de 30% já corresponde a valores próximos de 0,01, ou 1% de FGDa.

3.4.2 Com Divisão de Regiões

Na segunda fachada, repetimos o procedimento, simulando 2 casos de degradação, porém dividindo a fachada hipotética em regiões (que foram definidas na formulação do método de análise) e analisando os valores alcançados pelo cálculo do índice FGDb em cada situação, com menor área de degradação até a pior situação possível:

- 5ª Simulação – Fachada com DC;
- 6ª Simulação – Todas as anomalias consideradas no método.

Observamos que os valores de FGDb se comportam similarmente aos de FGDa. A divisão em regiões não modifica a forma da curva em relação aos casos das simulações sem divisão de regiões, com situação semelhante.

O índice FGDb de uma fachada mudará de acordo com a região em que se encontram suas anomalias. Os diferentes resultados de FGDb para as simulações com FDt iguais se devem à diferença da região em que se encontram as anomalias. Em um dos casos retiramos áreas de anomalias de paredes contínuas (PC), que tem coeficiente de ponderação k_r igual a 0,68 e as redistribuímos em aberturas (AB) e sacadas (SC), que tem valores de k_r menores. Isso levou a valores de FGDb menores neste caso em comparação ao anterior.

3.4.3 Comparação entre simulações

Na quarta simulação, com presença de todas as anomalias possíveis, no caso de maior degradação possível, o índice FGDa calculado é menor que o FGDa calculado na pior situação possível da primeira simulação, com apenas descolamento cerâmico. A área danificada tem seus valores multiplicados pelos coeficientes k_{cn} específicos para as anomalias secundárias, que tem valor menor, igual a 0,12; 0,08 e 0,06 respectivamente.

Observou-se que o nível de condição das anomalias (classificado pelo coeficiente k_n) é mais determinante do que o tipo de anomalia no valor final de FGDa, para situações em que o FD total é igual.

O índice FGDa não considera a região em que cada anomalia se encontra, então, em duas simulações com proporções iguais de área de anomalias porém em regiões diferentes levaram a valores iguais do índice. O coeficiente k_r , que pondera a área de anomalias associada à região em que a anomalia ocorre, diferencia o índice FGDb do índice FGDa. O seu cálculo leva a um análise mais representativa da degradação das fachadas, inclusive levando a um valor maior de R^2 nas curvas de tendência de degradação ao longo do tempo.

Pela análise dos índices e o estudo de Souza (2016) conclui-se que dentre os dois índices propostos, o FGDb deverá ser suficiente para a análise das vistorias feitas, sendo redundante a quantificação pelo outro índice. Seguiu-se, então, essa escolha na Metodologia.

4 METODOLOGIA APLICADA – VISTORIAS E ANÁLISES

Esta monografia apresenta o estudo de cinco edifícios situados na cidade de Brasília, seguindo a Método de Mensuração de Degradação – MMD, propondo discutir a aplicação do método como ferramenta de representação da perda de desempenho de edifícios em Brasília ao longo do tempo.

O levantamento de dados, caracterização dos edifícios e identificação de seus danos segue a forma produzida por Silva (2014) e por Antunes (2010), que por si só foi resultante do aprimoramento da metodologia de avaliação de fachada e diagnóstico de patologias adotado pelo LEM – UnB; adaptação da ferramenta desenvolvida por Gaspar e Brito (2005), com finalidade em associar as manifestações patológicas com as regiões de incidência, em seu caso em fachadas de revestimento argamassado, e, complementarmente, adequação da ferramenta proposta por Silvestre e Brito (2008) para correlacionar os danos às suas causas prováveis.

A metodologia se fundamenta em três etapas: levantamento de dados, tratamento dos dados e, por fim, análise dos resultados.

4.1 LEVANTAMENTO DE DADOS

4.1.1 Contexto dos Edifícios Estudados

A escolha das edificações do estudo de caso foi baseada em inspeções previamente realizadas pelo LEM - UnB (Laboratório de Ensaio de Materiais da Universidade de Brasília). Vistoriou-se edifícios que fossem representativos no que diz respeito ao estilo de construções habitacionais existentes na cidade de Brasília. Três dos edifícios se situam no Plano Piloto/DF, com 6 pavimentos tipo e pilotis e caixas de escada. Dois foram uma aplicação teórica do método, aplicação do MMD em edifícios vistoriados anteriormente pelo LEM. São edifícios de Samambaia/DF, com 13 pavimentos, nunca ocupados e em situação adversa, com problemas generalizados ao longo das fachadas não condizentes à sua idade.

Os edifícios selecionados possuem idades distintas, e são revestidos em maior parte por revestimento cerâmico, com trechos menores em argamassa e acabamentos como pintura, ou por pedra. Neste sentido, nas amostras que apresentam composições de mais de um tipo de

sistema de revestimento, somente são consideradas as regiões de fachada revestidas com elementos cerâmicos. Os demais trechos com acabamento em reboco, elemento vazado, pedras naturais, placas metálicas, dentre outros tipos não são consideradas neste estudo. Todos tem presença de anomalias e áreas degradadas. Na análise dos resultados não são computados valores nulos (zero) de ocorrência de manifestações patológicas tendo em vista que o critério proposto para as análises dos resultados se baseia em analisar os casos em que as fachadas apresentaram algum dano nos levantamentos efetuados. Estabelece-se, portanto, como critério de aceitabilidade fatores de danos com valores iguais ou superiores a 0,1% de área degradada.

O conjunto de amostras analisadas consistem em 5 edifícios que, divididos por prumada e empena e desprezando amostras com valor nulo de ocorrência, geraram um conjunto de 100 amostras no total, perfazendo um total de 18395,75 m² de área total de amostras de fachadas com revestimento cerâmico. A amostragem consta disposta no Anexo II.

Tabela 4.1 - Características dos edifícios e total de amostras definidas por edifício.

Edifício	Idade (Anos)	Andares	Quantidade de Amostras		
			Prumada	Empena	Total
111N	10	6	22	5	27
115N	40	6	20	3	23
310N	11	6	5	4	9
Samambaia A	6	13	12	11	23
Samambaia B	6	13	11	7	18
Total			70	30	100

O edifício de Samambaia se diferencia por apresentar mais de seis andares. Contudo, de maneira a regularizar as amostras, parte de suas amostras se estendem até perto do meio do edifício enquanto outras vão desta linha até o topo. A divisão das fachadas em amostras pode ser observada no anexo III.

A versatilidade da metodologia teoricamente permite a possibilidade de aplicá-la em diferentes tipos de edifícios, distintos em altura, projeto arquitetônico e idade, por exemplo, e ainda assim, estabelecer comparações entre os mesmos. Para a análise comparativa entre os edifícios estudados e os edifícios em referência no banco de dados é necessário que a avaliação seja criteriosa e objetiva.

A contabilização das anomalias deve abranger o máximo de danos existentes e ser representativa da condição em que a fachada se encontra. Porém, há uma inerente subjetividade na contabilização e uma diferença no critério de identificação de danos entre vistorias. São citadas neste capítulo algumas considerações feitas na etapa de quantificação das anomalias. Nos edifícios em que houve vistoria física fotografou-se cada trecho de sua envoltória com revestimento cerâmico, para, além da procura de anomalias pelo levantamento de fotos, dar a possibilidade de uma reavaliação futura desses.

4.1.2 Edifício A – Asa Norte - 111 Norte, Bloco C

- Tipo de edificação: Residencial;
- Idade na vistoria: 10 anos;
- Número de pavimentos: 6 pavimentos tipo;
- Acabamento de fachada: 2 tipos de cerâmica, Verde-clara e Bege (10x10 cm);
- Manutenções anteriores: Sim. Substituições de deslocamento pontuais, em extensão mínima;
- Número de amostras: 6 em empenas, 28 em prumadas;

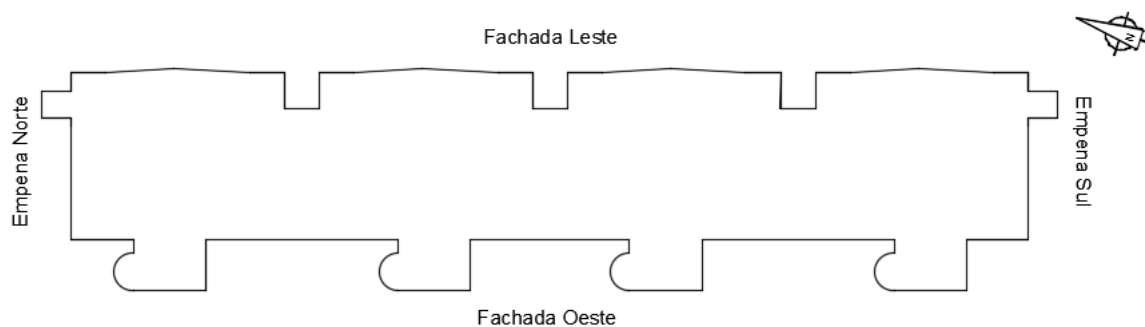


Figura 4.1- Ilustração esquemática do edifício A.



Figura 4.2- Fotos das Empenas norte (esquerda) e sul (direita) do edifício A.



Figura 4.3- Fotos das fachadas oeste (esquerda) e leste (direita) do edifício A.

Particularidades

O edifício tem grande extensão de revestimento em pedra em sua fachada leste, o que diminui a área a se considerar. Foram observadas fissuras ao longo de todas as juntas estruturais em suas reentrâncias na fachada leste. Essa presença alastrada de danos sugere deficiência de projeto, especificação e/ou execução das juntas, obstrução da junta por uso de material rígido ou ocorrência de movimentações não previstas.

As três caixas de escada presentes no edifício tem superfície arredondada. Teve-se o cuidado em não considerar mais de uma vez a área em amostras distintas. No caso, a superfície arredondada foi inserida em sua amostra própria, como mostrado na Figura 4.4. Em amostras

circulares não se considera região de cantos e extremidade na passagem entre o plano circular e a parede contínua.

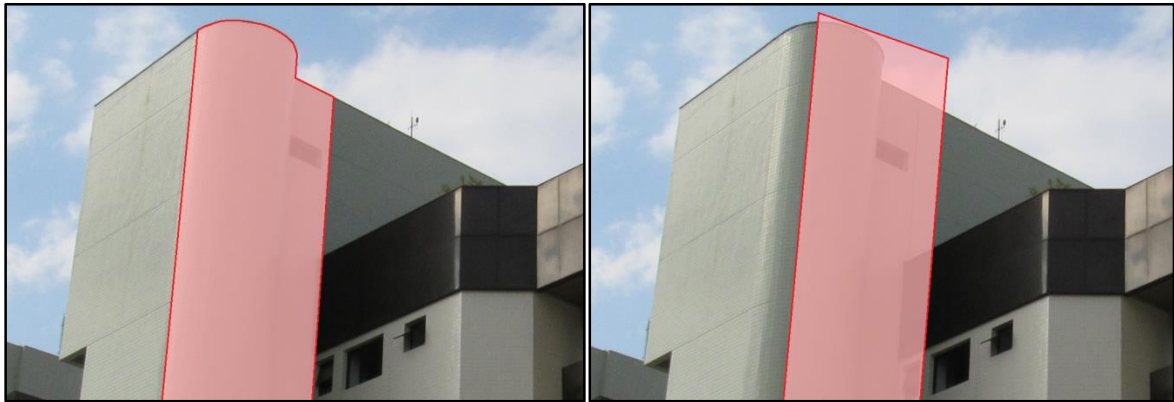


Figura 4.4 – Superfície considerada em amostras de caixa de escada (esquerda) e projeção das mesmas (direita).

Por não haver vistoria interna neste e nos outros edifícios, foi ponderado a qualificação de anomalias como falha de vedação, a não ser em casos que seja visualmente evidente que a esquadria não é mais estanque. É necessário observar fissuras diretamente entre a vedação e as esquadrias.

4.1.3 Edifício B – Asa Norte - 115 Norte, Bloco C

- Tipo de edificação: Residencial;
- Idade na vistoria: 40 anos;
- Número de pavimentos: 6 pavimentos tipo;
- Acabamento de fachada: 2 tipos de cerâmica, verde-escura e clara (5x5 cm);
- Manutenções anteriores: Sim. Sinais de manutenção em todas as fachadas;
- Número de amostras: 4 em empenas, 21 em prumadas;

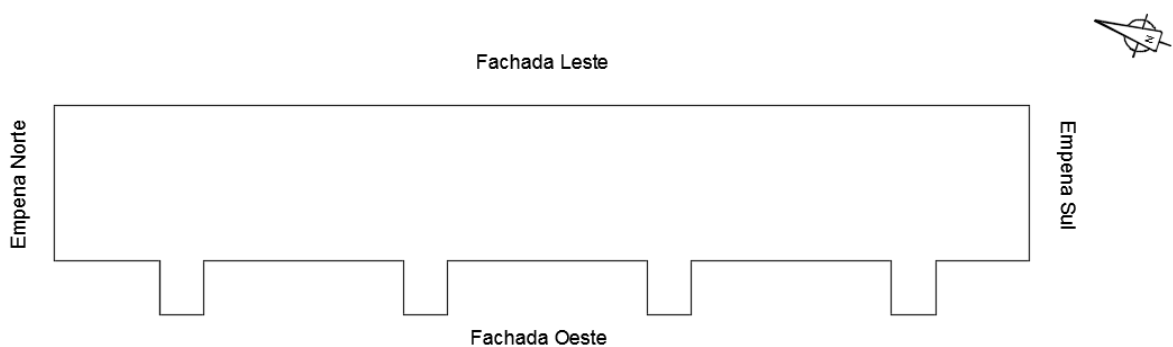


Figura 4.5 - Ilustração esquemática do edifício B.



Figura 4.6 - Fotos das Empenas norte (esquerda) e sul (direita) do edifício B.



Figura 4.7 - Fotos das fachadas oeste (esquerda) e leste (direita) do edifício B.

Particularidades

Edifício de idade avançada, com pastilhas cerâmicas pequenas. Embranquecimento generalizado do rejunte da cerâmica da fachada oeste. Mudança de coloração em grande parte das pastilhas verdes. Sinais de umidade sob as pastilhas, possivelmente descolamento cerâmico. Presença de selante para reparo de fissuras em vários trechos da fachada oeste. Fachada leste sem danos generalizados aparentes.

Sinais de manchamento por umidade, como bolor ou mofo, mudanças de cor, manchas com coloração escura, próximas a fissuras ou descolamento, foram classificadas como eflorescência.



Figura 4.8 - Presença de manchas. Eflorescência possivelmente acompanhada de deslocamento.

Todos os trechos de fachada, com pastilha verde-amarronzada, tinham algum vestígio de umidade sobre as pastilhas. Áreas foram classificadas como eflorescência quando a mancha de umidade era bem discernível.



Figura 4.9 - Trecho da fachada Oeste. Sinais de manutenção de fissuras, problemas de umidade no rejunte e possível descolamento de parte das pastilhas.

Pelo tamanho reduzido das pastilhas cerâmicas há uma dificuldade maior em se observar visualmente sinais de descolamento, como afastamento físico da camada de acabamento e

formação de bolsões. Em casos de dúvida, havendo a necessidade de inspeções localizadas, elas podem ser efetuadas com o apoio de técnicas de descidas em rapel, por um profissional qualificado capaz de identificar as manifestações patológicas, ou por meio de termografia.



Figura 4.10 – Fotografia indicando sinais de descolamento no topo da empena sul.

Pastilhas menores não demonstram com facilidade um possível descolamento. Além de sua dimensão ser menor, o que limita o quanto de abaulamento é visível, também tem maior possibilidade de erro construtivo, pela grande quantidade de pastilhas a se assentar e pela quantidade de volume menor de argamassa à se descolar antes de ocorrer o deslocamento. Nesses casos a vistoria pode se beneficiar de termografia, que evidencia as áreas problemáticas, e se beneficia da investigação mecânica, por checagem física da situação da fachada, por exemplo com descidas em rapel e uso de martelo, assim como uma avaliação da composição do revestimento (observação de heterogeneidades e falhas) por corte e extração de amostras.

4.1.4 Edifício C – Asa Norte - 310 Norte, Bloco F

- Tipo de edificação: Residencial;
- Idade na vistoria: 11 anos;
- Número de pavimentos: 6 pavimentos tipo;
- Manutenções anteriores: Sim. Generalizada, vários trechos substituídos, supostamente em várias oportunidades.
- Acabamento de fachada: 1 tipo de cerâmica, vermelha-escuro;
- Número de amostras: 4 em empenas, 5 em prumadas;

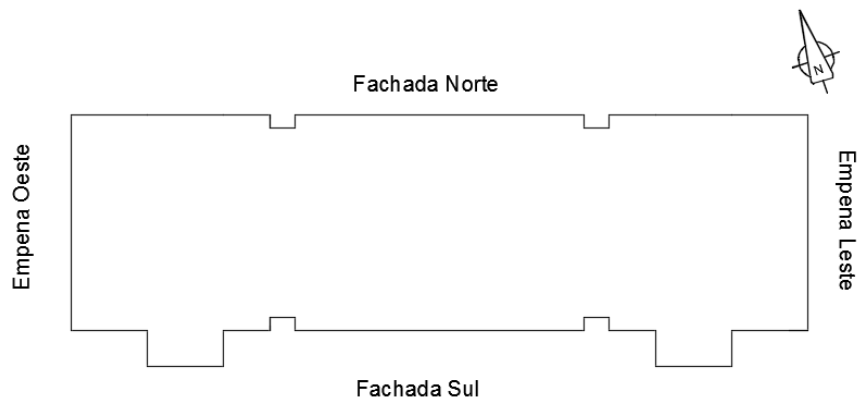


Figura 4.11 - Ilustração esquemática do edifício C.



Figura 4.12 - Fotos das Empenas oeste (esquerda) e leste (direita) do edifício C.



Figura 4.13 - Fotos das fachadas sul (esquerda) e norte (direita) do edifício C.

Particularidades

Edifício jovem, com histórico de fissuras ao longo da fachada e alvenaria. Fissuras internas relatadas. Zelador relata reformas anuais à fachada. Vários sinais indicam substituição das placas cerâmicas, e trechos em que fissuras teriam sido encobertas por selante. Grande parte das anomalias não são mais visíveis no revestimento cerâmico. Por esse motivo, o mapeamento das anomalias se beneficiaria do histórico de manutenções do edifício, não disponível, ou de outras ferramentas de análise que encubram os sinais de anomalia, como registro termográfico.

Cor de rejunte esbranquiçada ao redor da cerâmica, circundando conjuntos de 12 quadrados, mostra sinais de substituição. Rejunte esbranquiçado ao redor de todas as pastilhas, não seguindo um rastro distinto, são sinais de falha de rejunte por umidade e manutenção de fissuras.

No revestimento em argamassa as fissuras são bem mais visíveis, e generalizadas. Presença de fissuras na envoltório de aberturas, na interface estrutura-alvenaria, ao longo de paredes contínuas. Formas diversas.



Figura 4.14 - Sinais de fissuras recobertas por selante ao longo de trecho de revestimento em argamassa.

Extensão de anomalias incompatíveis com a idade, não indicam simples exposição a agentes atmosféricos ao longo do tempo. Sinais de possíveis problemas construtivos ou estruturais.

Degradação não deve se comportar de acordo com a curva de tendência de degradação, de acordo com a idade, por ser um caso anormal.



Figura 4.15 - Exemplos de anomalia no edifício. Sinal de substituição de placas (esquerda) e falha de rejunte (direita).

Desprendimento de selante ao longo de quase a totalidade das juntas estruturais horizontais. Assim como no edifício A - 111N, a presença alastrada de danos sugere deficiência de projeto, especificação e/ou execução das juntas, obstrução da junta por uso de material rígido ou ocorrência de movimentações não previstas.

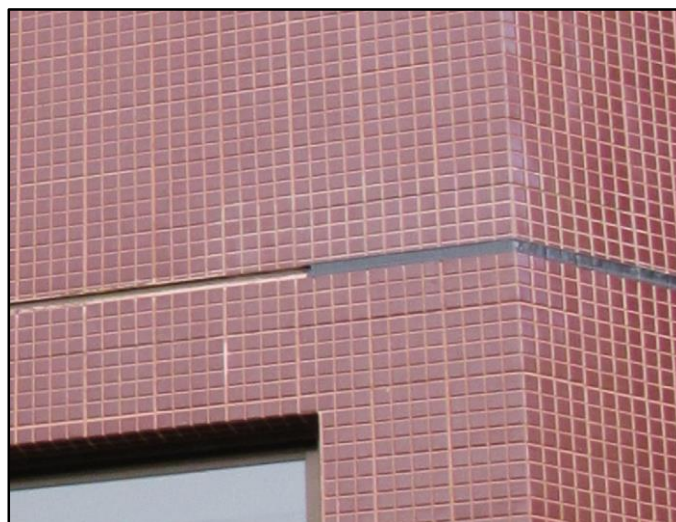


Figura 4.16 - Desprendimento de selante em juntas estruturais.

4.1.5 Edifícios D e E – Samambaia - QN 502, Conj. 20 It01 e 02

- Tipo de edificações: Residencial;
- Idade na vistoria: 6 anos. Vistoria em novembro de 2011.
- Número de pavimentos: 13 pavimentos tipo, mais pilotis e garagem (subsolo);
- Manutenções anteriores: Sim. Generalizada, vários trechos substituídos, sem revestimento, fachada condenada.
- Acabamento de fachada: 4 tipos de cerâmica, branca, bege, laranja e vermelha;
- Número de amostras: 12 em empenas, 12 em prumadas;

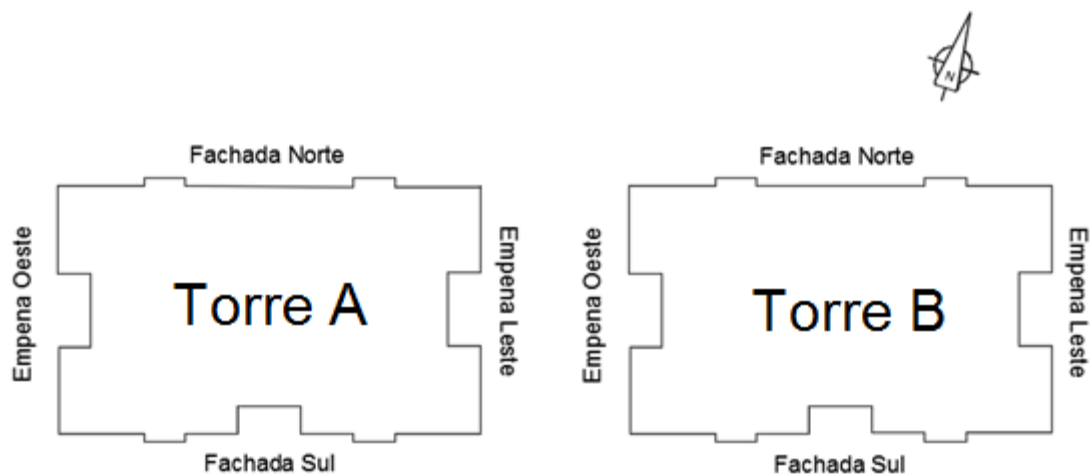


Figura 4.17 - Ilustração esquemática dos edifícios D e E.



Figura 4.18 - Fotos das fachadas sul (esquerda), norte (centro) e empena oeste (direita) do edifício D.



Figura 4.19 - Fotos das fachadas sul (esquerda), norte (centro) e empena leste (direita) do edifício E.

Particularidades

Edifícios não vistoriados fisicamente. Aplicação do MMD sobre croqui disponível em relatório de inspeção feito por equipe do LEM, especialmente BAUER, E.; CASTRO, E. K; PEREIRA, C.H.A.F (2011). Quantificação de danos feita considerando os croquis e adicionando danos visíveis em arquivo de fotos. A inspeção da fachada pelos técnicos foi efetuada com o uso da técnica de rapel, em regiões predefinidas na fase inicial do estudo. Cada descida abrangeu uma faixa de aproximadamente 5 m de amplitude, correspondendo a uma varredura de toda a altura do edifício.

Dois edifícios gêmeos, jovens mas nunca habitados. Interrupção da obra, sem o término de operações básicas de sequência de execução, realização parcial da etapa de rejuntamento. Presença de falhas de deslocamento ao longo de todos os panos, assim como sinais de deslocamento, erros evidentes no assentamento. Pela duração da exposição já foi detectável manchas de eflorescência e umidade na data da vistoria. Fachada condenada pela equipe de inspeção.

Conjunto de reparos já efetuados tentando corrigir falhas já detectadas pelo construtor. Notória presença de descolamentos de peças cerâmicas, tanto de forma pontual como em regiões. Também existem erros de execução, com falhas de esquadro, prumo e alinhamento, e também a ausência de rejuntamentos (BAUER, E.; CASTRO, E. K; PEREIRA, C.H.A.F; 2011).

A torre B apresenta aparente melhor estado, possivelmente o método de construtivo foi sendo corrigido nesta torre após experiência na torre A.

Na Figura 4.20 é mostrado um exemplo de croquis presentes no relatório de inspeção feito pela equipe do LEM. No relatório, todas as fachadas das duas torres forem representadas como no exemplo, sendo neste estudo adicionadas outras anomalias encontradas no relatório fotográfico produzido pela equipe.

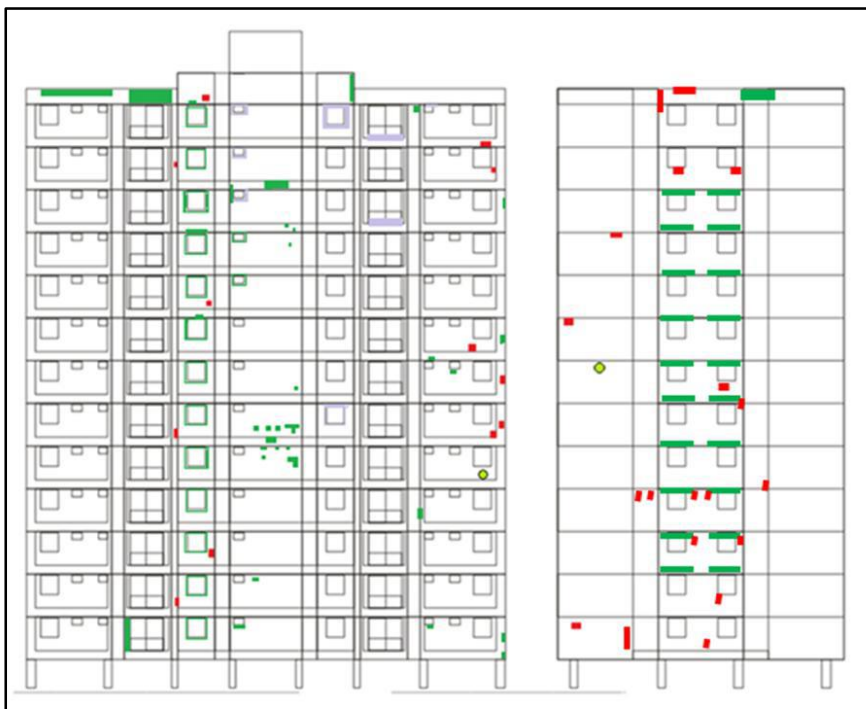


Figura 4.20 - Exemplo de croqui presente no relatório. Torre A – fachada sul (esquerda) e fachada leste, entre torres (direita), com falhas demarcadas. Em vermelho: descolamento, Em verde: sem assentamento do revestimento cerâmico.

Áreas deslocadas, descoladas e não assentadas foram quantificadas conjuntamente como áreas com anomalia de descolamento. Sujeira e poeira se confundem com manchas de eflorescência, gerando dúvida.

4.1.6 Mapeamento e Tratamento dos Danos

Essa etapa do método consiste na representação das fachadas por meio de croquis, a partir do levantamento fotográfico e de plantas disponíveis, e a sequente marcação dos danos observados nas vistorias sob esses. Após isso, são definidas as divisões das amostras e a

sobreposição da malha sobre a representação de cada uma. Nas Figuras 4.21 e 4.22 temos representados respectivamente a fachada oeste do edifício B da 115 N e um exemplo de amostra retirada sobre essa fachada. Após a divisão das unidades de cada malha em regiões nós contabilizamos os danos, com o auxílio da elaboração de planilhas que permitam organizar, identificar e classificar a área de dano das amostras de maneira a permitir facilitar o processo de cálculo. Com a área de cada anomalia já devidamente classificada por regiões e a área total da amostra, podemos calcular seu FDt e FGDb. No anexo II estão dispostas as planilhas de quantificação de danos dos cinco edifícios, áreas de anomalias divididas por regiões de cada amostra.

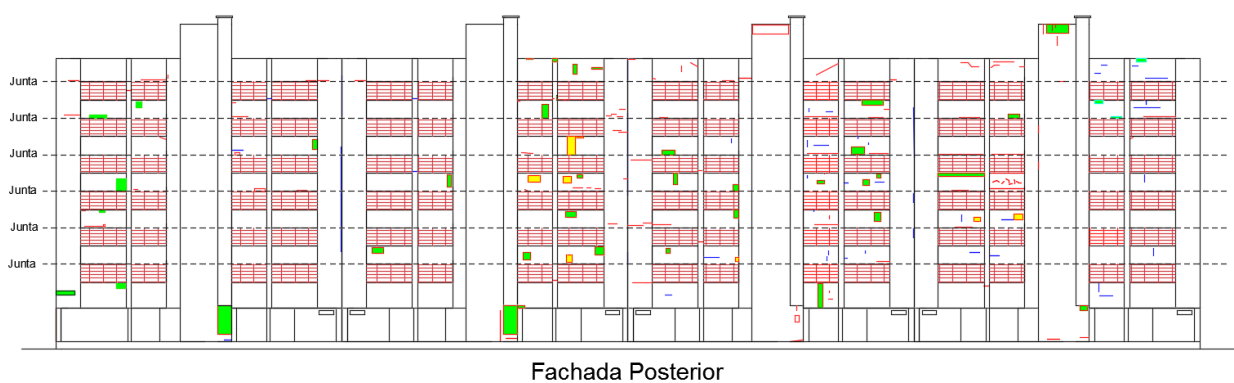


Figura 4.21 – Representação da fachada oeste do edifício B - 115N.

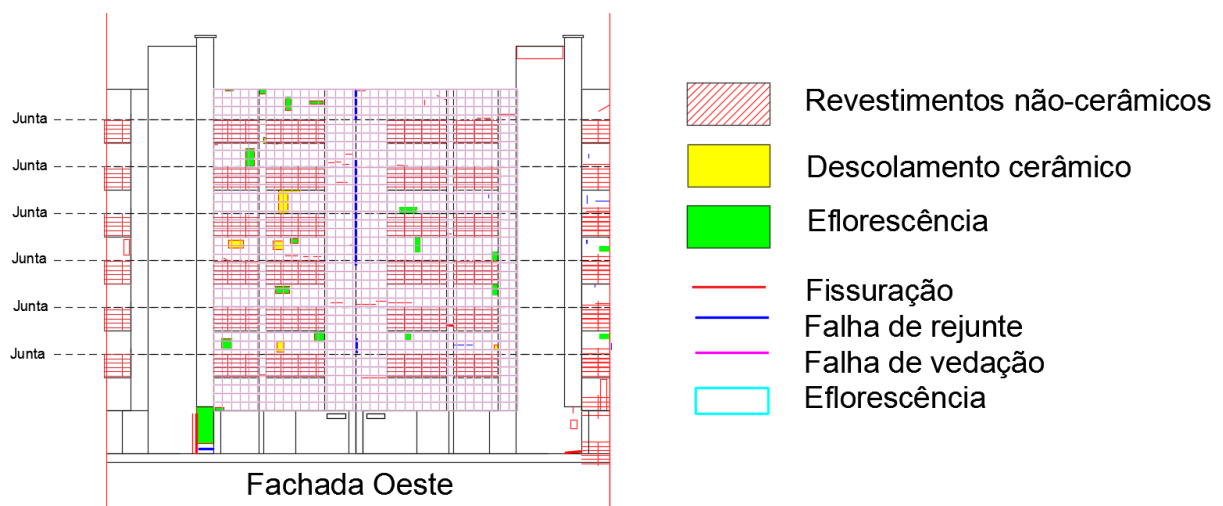


Figura 4.22 - Exemplo de amostra, edifício B - 115N, já com malha sobreposta, sem divisão da malha por regiões.

4.2 ANÁLISE DOS DADOS

Seguindo a metodologia descrita, após o mapeamento e classificação das anomalias, analisamos a sua degradação por meio do cálculo dos índices de degradação abordados neste estudo, em duas etapas:

- i. Análise da extensão de degradação - FD (Fator de danos) – Análise preliminar de danos. Consiste na apresentação dos resultados da incidência de ocorrência das anomalias, na amostra da fachada como um todo (FD_{Total});
- ii. Análise da gravidade de degradação – FGDb (Fator Geral de Danos adaptado para as regiões) - consiste na análise da gravidade da degradação, através do cálculo do índice FGDb correspondente para as amostras, permitindo examinar como essas se comportam em relação à curva de tendência de degradação produzida por Souza (2016) com o banco de dados de vistorias do LEM, representativo de Brasília, usado como referência de degradação ao longo do tempo das fachadas com revestimento cerâmico.

No Anexo II estão dispostos os resultados dos cálculos de FD e FGDb para cada amostra, divididas por edifício, com detalhamento de área de anomalias por região detectada.

4.2.1 Análise do Fator de Danos (FD)

O Fator de Danos (FD) avalia a extensão dos danos em função da área total amostrada, e consiste em um parâmetro inicial de estudo importante, porém com limitações, uma vez que não considera a influência a importância de cada tipo de manifestação patológica no fenômeno de degradação (SILVA, 2014).

Ele pode ser utilizado então, como um diagnóstico inicial, uma indicação simples da porcentagem de área total degradada.

Resultados das Amostras por Orientação

Tabela 4.2 - Dados dos valores de FDt de todas as amostras e das amostras subdivididas por orientação.

	Geral	Orientação			
		Norte	Sul	Leste	Oeste
Quant. de amostras	100	19	18	28	35
Média	7,9%	7,6%	7,2%	13,1%	4,3%
Mediana	4,8%	5,7%	6,7%	11,5%	2,9%
Máximo	34,9%	21,7%	17%	34,9%	27,5%
Percentis 80%	13,2%	12,7%	11,6%	22,4%	5,6%

A degradação média das amostras foi de 7,9%, sendo 34,9% a amostra mais degradada encontrada, esta respectivamente na empena no edifício E - Samambaia torre A. Dados por amostra e por edifício podem ser encontrados no anexo II.

Nos edifícios observou-se, como listado na Tabela 4.2, maiores valores de degradação na orientação Leste, orientação que apresentou os maiores resultados na média, mediana e máximo de FDt, seguida pela Norte, com segundo maior valor característico (80%) além da média.

A orientação Oeste, teve os menores valores estatísticos, assim como nas amostras do banco de dados de Souza (2016), porém não condizente com as observações de Silva (2014) que tratou essa como uma orientação crítica, em conjunto com a Norte.

A Figura 4.23 mostra os resultados de FDt nas suas tendências de frequência de ocorrência, independentemente de idade, assim permitindo uma visão geral da variação de um conjunto de dados.

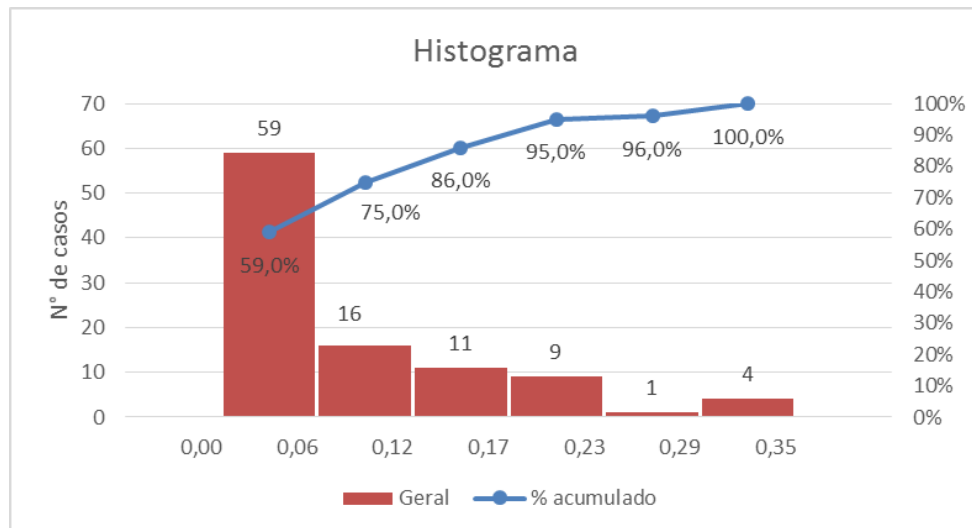


Figura 4.23 - Histograma de frequência de ocorrência e porcentagem acumulada do FDt das 100 amostras que compõem o universo de estudo.

Observa-se, na Figura 4.23 que há uma elevada frequência nos valores menores, ou seja, dos 100 casos observados 59% possuem valores de FDt inferior a 0,06. Em comparação aos dados do banco de referência, em que 184 dos casos observados 57,1% possuem valores de FDt inferiores a 0,18; valor que engloba mais dos 86% dos valores dos edifícios novos. Nota-se também uma diminuição de frequência de ocorrência à medida que aumenta o valor de FDt. 95% das amostras tem valores menores que 0,23 de degradação, ou 23% de área degradada.

Distribuição de Ocorrência de Anomalias

Com base no resultado dos fatores de danos para cada tipo de manifestação patológica, faz-se uma distribuição de sua ocorrência, disposta nos gráficos a seguir por edifício, com objetivo de tipificar o seu comportamento no campo amostral.

A análise destes resultados pretende estabelecer uma visão ampla acerca da distribuição de degradação das anomalias (descolamento cerâmico, falha de rejunte, fissuras, eflorescência e falha de vedação).

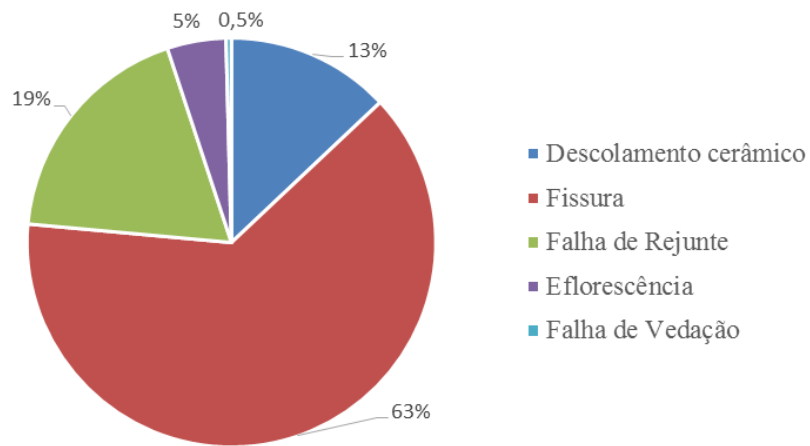


Figura 4.24 - Ocorrência de anomalias - Edifício A - 111N

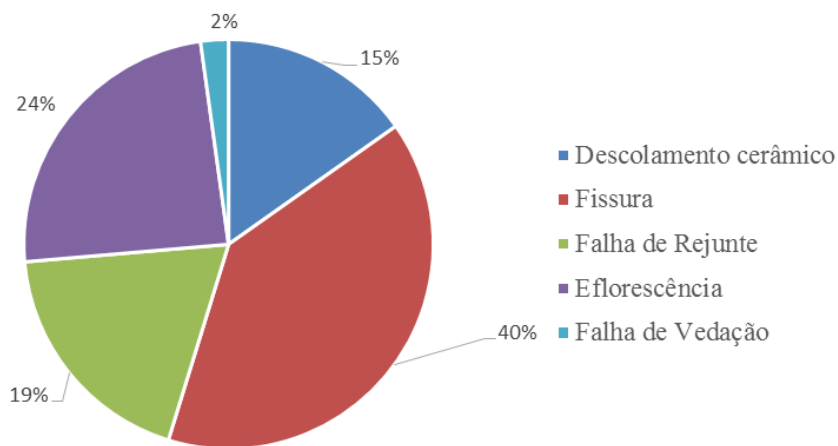


Figura 4.25 - Ocorrência de anomalias - Edifício B - 115N

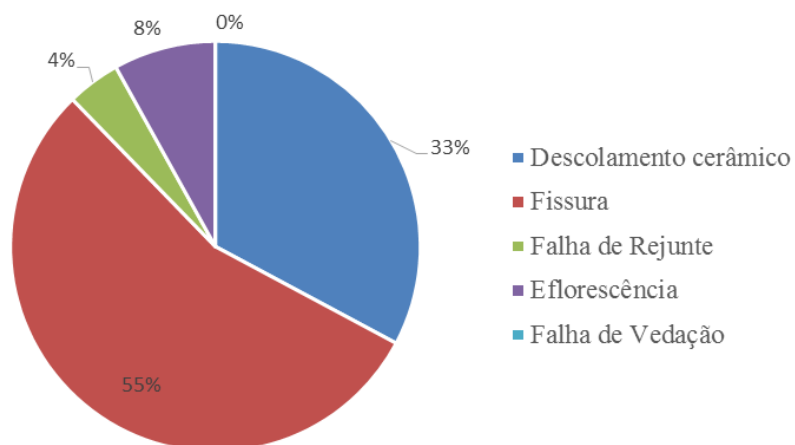


Figura 4.26 - Ocorrência de anomalias - Edifício C - 310N

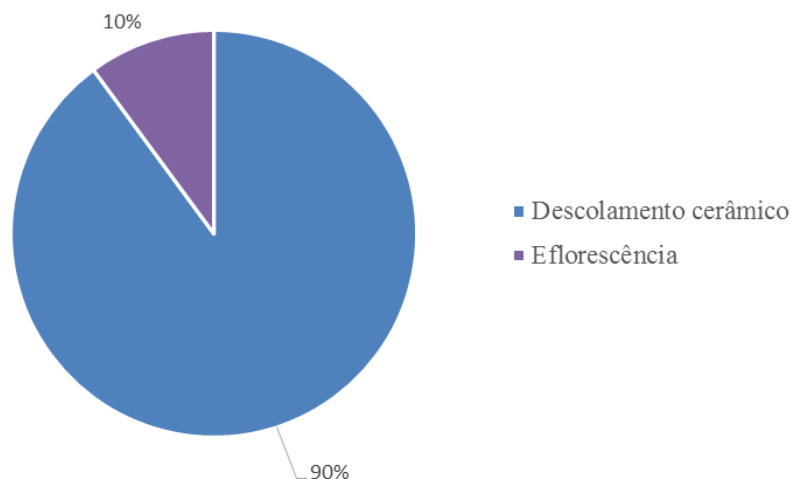


Figura 4.27 - Ocorrência de anomalias - Edifício D - Samambaia (Torre B)

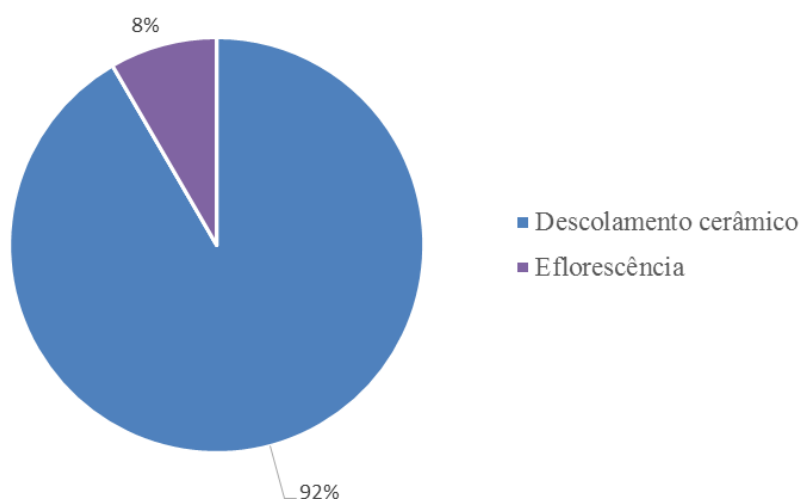


Figura 4.28 - Ocorrência de anomalias - Edifício E - Samambaia (Torre A)

É possível observar a presença de fissuras como principal manifestação patológica nos três edifícios vistoriados na Asa Norte. O edifício B – 115N, pela sua idade avançada (40 anos) tem grande presença de falhas de rejunte e eflorescência, distribuídas ao longo de sua área de degradação total. Em contra partida o edifício C – 310N, tem idade relativamente jovem (11 anos) e não tem tanta presença de anomalias ligadas a umidade, e sim fissuras e descolamentos, consequência de problemas estruturais ou construtivos do edifício.

Tabela 4.3 - Dados do somatório de todos os Fatores de Danos das amostras de fachadas.

Tipo de FD	FD-DC	FD-FR	FD-FI	FD-EF	FD-FV	FD TOTAL
Média	3,79%	2,77%	0,59%	0,74%	0,02%	7,91%
Valor Máximo (VMA)	34,89%	30,49%	5,41%	5,21%	1,20%	34,89%

Falhas de vedação foram as anomalias com menos presença, pela dificuldade em se definir esse tipo de dano. A amostra mais degradada foi a identificada por A5.E6, do edifício E, de Samambaia – Torre A, que chegou a ter aproximadamente 35% de sua área acometida por descolamento cerâmico.

Já as amostras identificadas por A1.P5, A1.P6 e A1.P7 do edifício A, 111N, por serem específicas das reentrâncias do prédio, de área menor, e por terem problemas de fissuração ao longo de todas as suas juntas estruturais chegaram a ter mais de 30% de área degradada quase exclusivamente por fissuras.

Pode-se observar nas Figuras 4.27 e 4.28, os edifícios D e E de Samambaia tem presença de descolamento e deslocamento do revestimento cerâmico (englobados na mesma categoria) como principal manifestação patológica, com percentuais superiores a 90% dos casos de manifestação patológica, apesar de possuir apenas 6 anos de idade. As possíveis causas de deslocamento relatadas pela equipe técnica de vistoria foram: - Instabilidade de suporte, - Imperícia ou negligência da mão-de-obra, - Falhas dos materiais.

Consideração sobre Extensão de Área de Amostras e FD

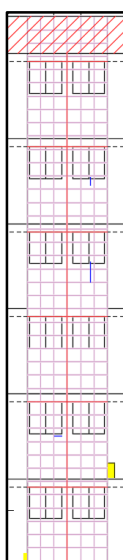


Figura 4.29 - Amostra A1.P5, do edifício A - 111N.

O edifício A - 111N, Bloco C - tem presença de fissuração ao longo de grande parte de suas juntas estruturais verticais e entre pavimentos. Além disso, ele tem presença de três reentrâncias no pano de sua fachada leste, de extensão reduzida. Uma amostra que se estenda

apenas pela reentrância, como a identificada por A1.P5 representada na Figura 4.29, acaba por ter área total pequena e área de degradação grande, pela grande presença das fissuras ao longo de todas as juntas. O cálculo do fator de danos (área degradada dividida por área total) dessas amostras em específico chegam a um valor de mais de 30%, consideravelmente maiores que os valores correspondentes às outras amostras no mesmo edifício.

Pode-se ver como os valores altos de FD apenas nestas amostras influenciam no valor médio de FD e FGDb (função desse) de todo o edifício, na seguinte comparação. Na Tabela 4.5 está a média de FDT e FGDb para as amostras do edifício, com uma amostra por reentrância. Na Tabela 4.4 estão os mesmos dados, porém englobando as amostras das reentrâncias (identificadas por A1.P5, A1.P6 e A1.P7 nas tabelas de quantificação do edifício A no anexo II) junto a amostras de área maior (identificadas por A1.P1, A1.P2 e A1.P3).

Tabela 4.4 - Média dos dados do Edifício 111N, considerando amostras com área reduzida em reentrâncias.

FD - Total	FD - Total (%)	FGDb	FGDb (%)	Área Total (n)
0,089	8,888	0,015	1,475	5009 m ²
Média				Total

Tabela 4.5 - Média dos dados do Edifício 111N, após distribuir área das reentrâncias em outras amostras.

FD - Total	FD - Total (%)	FGDb	FGDb (%)	Área Total (n)
0,029	2,888	0,003	0,268	5009 m ²
Média				Total

Percebe-se que a mudança é extremamente significativa. Diluindo estas amostras, somando suas áreas totais às áreas das amostras adjacentes, diminuimos o valor médio de FD e FGDb do edifício consideravelmente. O cálculo dos índices em amostras muito pequenas ou muito grandes podem gerar valores que não sejam representativos da degradação do trecho de fachada. É essencial delimitar limites máximos e mínimos para o tamanho de amostras.

Neste estudo, limitou-se a altura das amostras a até 6 andares e aproximadamente 400m² de extensão. Não foi definido uma área mínima de amostras, porém não foi dividida amostra menor que 55m².

4.2.2 Análise do Fator Geral de Danos Adaptado para Regiões (FGDb)

Esta ferramenta de análise permite estabelecer o estágio de degradação total das amostras de fachada. As análises dos resultados do FGDb são efetuadas em função da idade e da orientação cardinal nas fachadas de Brasília.

O FGDb considera no cálculo das degradações: o peso relativo do custo de reparo das anomalias, o peso referente à condição de gravidade da respectiva anomalia e a região em que a anomalia se encontra. Objetiva, dessa forma, estabelecer um grau de degradação das fachadas com revestimentos cerâmicos, ou seja, mostra o estado em que se encontram as fachadas e indica o grau de velocidade com que ocorre o processo de degradação.

Para a análise dos edifícios foi utilizado o banco de dados de Souza (2016) como comparação. Nele estabeleceu-se uma curva de tendência que é considerada aqui como representativa para a condição dos edifícios de Brasília em função da idade. Calculamos o FGDb para cada amostra e observamos o seu valor comparativamente à linha de tendência.

Resultados das Amostras por Orientação

Souza (2016), com base nos dados relativos à idade das fachadas dos edifícios estudados em seu banco de dados e a mensuração de degradação destes, verificou o comportamento da degradação ao longo do tempo pela curva de degradação, obtida por regressão polinomial de segunda ordem dos valores de FGDb de seus edifícios, exposta na Figura 4.29.

Para auxílio da análise consideramos o valor da média dos valores de FGDb das amostras por orientação. Das 100 amostras divididas e calculadas, separamos por edifício e consideramos a sua média, por orientação, como valores representativos do edifício. Para cada edifício, então, foram incluídos quatro valores de FGDb no gráfico da Figura 4.29 à serem analisados.

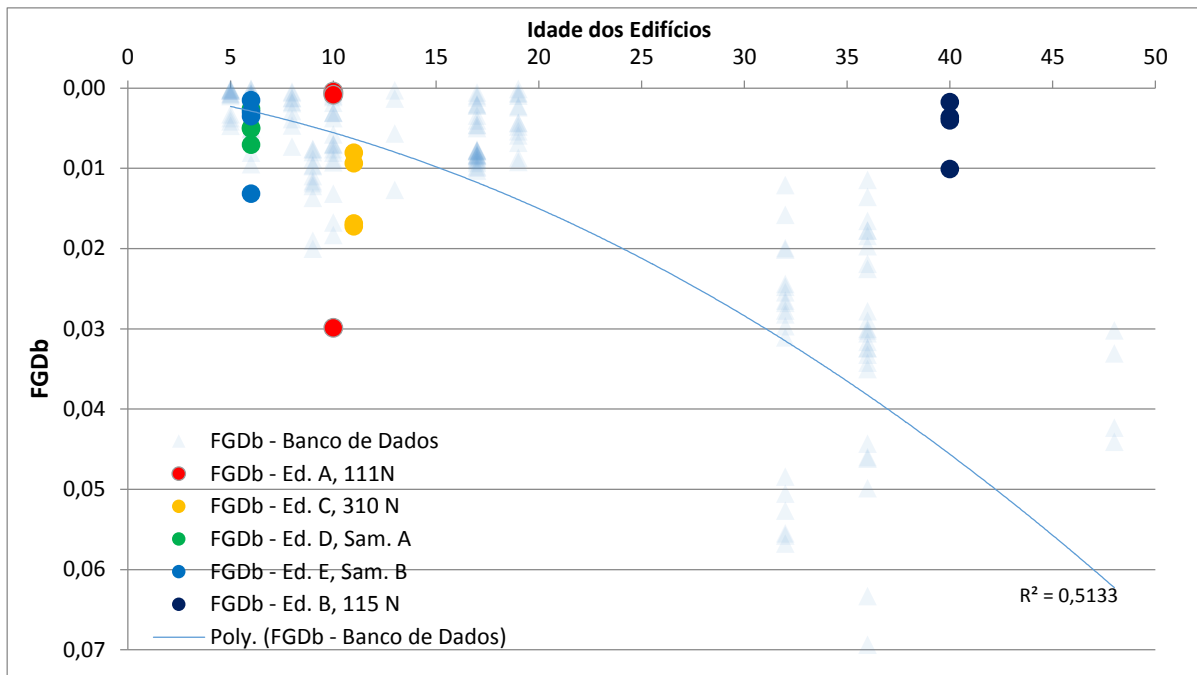


Figura 4.30 - Amostras inclusas na curva de evolução da degradação geral, para o Fator Geral de Danos (FGDb).

Tabela 4.6 - Valores médios de FGDb por Edifício e orientação, em porcentagem.

ED.\Orientação	Norte	Sul	Leste	Oeste
ED. A - 111N	0,06%	0,04%	2,99%*	0,08%
ED. B - 115N	1,01%	0,40%	0,36%	0,17%
ED. C - 310N	0,81%	0,94%	1,72%	1,69%
ED. D - Sam. A	0,70%	0,51%	0,49%	0,26%
ED. E - Sam. B	0,30%	0,35%	1,31%	0,15%

Os edifícios D e E de Samambaia, com 6 anos, se encontram com valores de degradação, pelo FGDb, principalmente acima do esperado pela curva de tendência. Por serem edifícios com problemas estruturais é de se esperar o caso. Já o edifício A, 111N, de 10 anos, se encontra com valores quase nulos de FGDb, menos a média das amostras de orientação Leste, indicada pelo asterisco. Isso se dá pelo alto valor de FGDb das amostras que incluem as reentrâncias, que tem orientação Leste.

O edifício C, da 310N com 11 anos, também se encontra acima da curva de tendência, como esperado pelo seu elevado número de anomalias para sua idade. Ele é um caso anormal, fruto de erros estruturais e/ou construtivos, não se incluindo na tendência esperada pelo banco de

dados. Seu valores de FGDb podem chegar a ser maiores caso seja feita uma reavaliação do edifício.

Já o Edifício B – 115N, tem valores irrisórios de FGDb em relação a tendência de Brasília para a sua idade (40 anos). Sua idade alcançou o período mínimo de vida útil de projeto para sistemas de vedação externa, pela norma ABNT NBR 15575-1:2013. Considerando o seu estado, aparentemente íntegro, se relevando trechos pontuais de manutenção e sinais generalizados de umidade no rejunte, o edifício mantém hoje um desempenho potencial compatível ao uso, o que pode ser observado no gráfico.

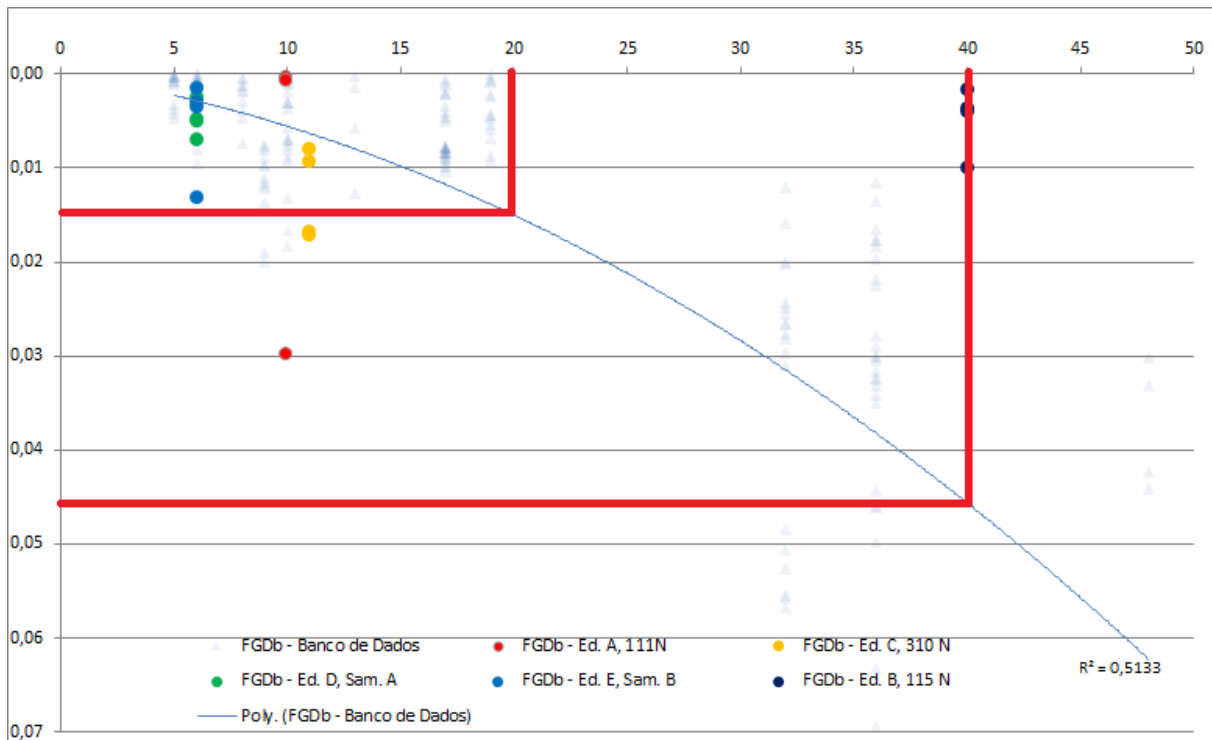
Os valores de FGDb dependem muito da área da amostra. Por exemplo, como descrito na seção 4.2.1., a amostra identificada por A1.P6 do edifício A se estende ao longo de um trecho curto de uma empena. Porém, todas as juntas estruturais, verticais e horizontais, estão fissuradas no trecho. Uma extensão longa de anomalia em uma área pequena, em uma região crítica (transição entre pavimentos, com ponderação kr máxima) levou a um FGDb relativamente alto. Já a amostra A2.E4 do mesmo edifício tem uma maior variedade de anomalias, distribuídas ao longo de toda a amostra. Porém, pela área ser extensa em comparação a primeira amostra, levou a uma relação Área-degradada/Área-total menor, e consequentemente um FGDb menor, 10 vezes menor que a primeira amostra.

Também cabe citar que os edifícios C – 310N, D – Samam. A e E – Samam. B, que mostraram níveis de severidade que não são compatíveis a sua idade e não seguem a linha de tendência, constituem uma situação anormal e não devem ser adicionados aos dados da curva de degradação do banco de dados do LEM. Seus danos, estando associados a erros de projeto ou execução, diminuem a vida útil de serviço de um revestimento de dezenas de anos a alguns meses, e não são problemas relacionados a evolução natural de revestimentos cerâmicos. Revestimentos cerâmicos são mais suscetíveis a mudanças nos parâmetros que os caracterizam do que outros tipos de revestimento (GALBUSERA, 2013).

Valor de Referência de Estimativa para Vida Útil

Considerando o disposto na norma ABNT NBR 15575-1: 2013, que delimita os valores de vida útil das fachadas com revestimentos aderentes equivalente a 20 anos e a vida útil do sistema de vedação vertical externa igual a 40 anos, a partir das curvas da degradação é

possível obter uma referência de indicador de degradação (ordenada do gráfico), conforme ilustrado na Figura 4.31.



Usando o exemplo de Souza (2016) podemos observar, por uma análise rudimentar, o nível de degradação em razão da vida útil. Considerando a linha de tendência da curva de degradação geral, nenhum edifício ultrapassa a linha relativa a degradação à 40 anos de vida útil. Para 20 anos de vida útil o valor médio das amostras de orientação leste do Ed. A, 111N ultrapassou o limite consideravelmente, porém elas são amostras não usuais, como já discutido. As outras amostras do edifício se encontram bem abaixo do valor de FGDb para a vida útil de 20 anos ou para a tendência de degradação à sua idade. Dois valores de orientações do Ed. C, 310N também se encontram abaixo da linha de referência, o que condiz com seu estado atual, muito degradado para sua idade. Os Ed. de Samambaia se mantiveram acima da linha, mesmo com grande degradação.

5 CONCLUSÕES

A presente monografia detalhou a aplicação do Método de Mensuração de Degradação (MMD) para a avaliação do perfil de degradação em cinco edifícios de Brasília, quantificando o grau de suas degradações pelo cálculo do Fator de Danos e pelo indicador de degradação FGDb. Analisou-se a degradação das fachadas quantitativamente e observou-se particularidades em cada edifício, assim como o grau de degradação esperado para sua idade, por comparação à curva de tendência de degradação de Souza (2016).

Foi possível perceber:

- ✓ Seguindo os passos do MMD, o método é aplicável e pode ser utilizado em pesquisas distintas por diferentes pesquisadores, caso seja assegurado que as vistorias sejam criteriosas e objetivas e sigam uma metodologia homogênea.
- ✓ O Banco de Dados pode ser utilizado como referência para análise de degradação comparativa entre edifícios.
- ✓ Há uma dificuldade inerente na observação visual de descolamento cerâmico sem apoio de outras ferramentas de análise, como análise de percussão, ou por meio de registro termográfico.
- ✓ A necessidade de delimitação máxima e mínima de área de amostras, para assegurar a sua representatividade no cálculo dos índices.
- ✓ Tanto a análise da distribuição de danos pelo FD quanto o indicador de degradação permitiram comentários pertinentes quanto ao nível de dano dos edifícios.
- ✓ A variabilidade da degradação de edifícios em função de idades diferentes.
- ✓ Identificação de problemas construtivos e/ou estruturais levando a degradações intensas em edifícios jovens. Presença de edifícios novos com extensão alta de danos, assim como edifícios com mais idade porém em situação menos degradada.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Podemos apontar as seguintes sugestões para projetos futuros, como continuação da linha de pesquisa de desempenho em revestimentos cerâmicos:

- Contribuir com a produção de melhores curvas de degradação de referência, complementando o banco de dados do LEM com vistorias de edifícios e fachadas com idades na faixa entre 20 a 30 anos de idade e de 35 a 50.
- Definir os limites de área para as amostras.
- Integrar a metodologia à análise de revestimentos de argamassa.
- Discutir os critérios de identificação de anomalias seguidos pelos técnicos, com objetivo de tornar a análise o mais objetiva possível.
- Integrar outras ferramentas de análise ao estudo, como a termografia ou dados de simulação higrotérmica, para quantificar anomalias de difícil identificação e melhorar o diagnóstico dos edifícios.
- Formalizar o “método” de análise dos edifícios que não seguem a curva de tendência, dados outliers.
- Associar curvas de probabilidade de ocorrência de anomalias aos métodos de avaliação da previsão de vida útil propostos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, S. M. A., “**WWW.PATORREB.COM - Um contributo para a sistematização do conhecimento da patologia da construção**”, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 80p, 2008.

ANTUNE, G. R. **Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimentos de Fachada em Brasília - Sistematização da Incidência de Casos**. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-001A/10, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 178p, 2010.

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

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; LEAL, F. E.; ALIVERT, M. **Relatório técnico: n.º 10090300-c**. Brasília, Laboratório de Ensaio de Materiais, Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

BAUER, E.; CASTRO, E. K.; ANTUNES, G. R. E LEAL, F. E. **Identification and Quantification of Pathologies in Facades of New Buildings in Brasília**, XII DBMC International Conference on Durability of Building Materials and Components, Porto, Portugal, 2011.

BAUER, E.; SILVA, M. N. B.; ZANONI, V. AG. **Mensuração Da Degradação E Vida Útil Em Fachadas**, XI Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassa, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil, 13p, 2015.

BAUER, E., CASTRO, E. K. **Metodologia de estudo das patologias das fachadas de edifícios**. Relatório interno - Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) - UnB/ENC, 2007.

BAUER, E.; CASTRO, E. K; PEREIRA, C.H.A.F; **RELATÓRIO TÉCNICO no.13060891-c, Estudo da avaliação das fachadas do edifício Ville de Versailles**, Relatório interno - Laboratório de Ensaio de Materiais (LEM) - UnB/ENC, 2011.

BAUER, E.; PAVÓN, E.; OLIVEIRA, E. **Inspeção Termográfica De Fachadas– Investigação Da Influência Da Fissuração**. 2016.

FLORES-COLEN, I.; BRITO, J.; FREITAS, V. P. **Exigências De Adequação Ao Uso Em Fachadas- Critérios De Manutenção**. Revista Internacional Construlink; Nº, v. 7, p. 37, 2007.

GALBUSERA, M. M.; BRITO, J.; SILVA, A. **The importance of the quality of sampling in service life prediction**. *Construction and Building Materials*, v. 66, p. 19-29, 2014.

GALBUSERA, M. M. **Application of the factor method to the prediction of the service life of ceramic external wall claddings.** Tese (Doutorado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2013.

GASPAR, P. **Vida útil das construções: desenvolvimento de uma metodologia para a estimativa da durabilidade de elementos da construção. Aplicação a rebocos de edifícios correntes.** Tese (Doutorado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

GASPAR, P. L.; BRITO, J. **Quantifying environmental effects on cement-rendered facades: A comparison between different degradation indicators.** *Building and Environment*, v. 43, n. 11, p. 1818-1828, 2008.

GASPAR, P. L.; BRITO, J. Durabilidade, estados limite e vida útil de rebocos em fachadas. In: **3º Congresso Nacional de Argamassas de Construção, APFAC, Lisboa, Portugal.** 2010.

GASPAR, P.; BRITO, J. **Mapping defect sensitivity in external mortar renders.** *Construction and building materials*, v. 19, n. 8, p. 571-578, 2005.

ISO/DIS 15686- - *Buildings and constructed assets - Service-life planning. Part 6: Procedures for considering environmental impacts.* International Organization for Standardization, 2004.

LICHTENSTEIN, NORBERTO B. **Patologia das construções.** São Paulo, 1986.

MEDEIROS, J. S.; SABBATINI, F. H. Tecnologia e Projeto de Revestimentos Cerâmicos de Fachadas de Edifícios. São Paulo: EPUSP. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/246**, 28p, 1999.

NASCIMENTO, M. L. M. **Aplicação da Simulação Higrotérmica na Investigação da Degradação de Fachadas de Edifícios.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-018A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 173p, 2016.

POYASTRO, P. C. **Influência da volumetria e das condições de entorno da edificação no manchamento e infiltração de água em fachadas por ação de chuva dirigida.** 2011.

SHOHET, I. M.; ROSENFELD, Y.; PUTERMAN, M.; GILBOA, E. *Deterioration patterns for maintenance management - a methodological approach.* In: *Durability of Building Materials and Components*, v. 2 vols, **Anais...**, Ottawa, 1999.

SILVA, M. N. B. **Avaliação Quantitativa da Degradação e Vida Útil de Revestimentos de Fachada – Aplicação ao Caso de Brasília/DF.** Tese de Doutorado

em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.TD-006A/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 198 p, 2014.

SILVESTRE, J. D.; BRITO, J.; UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA. **Sistema de apoio à inspeção e diagnóstico de anomalias em revestimentos cerâmicos aderentes.** 2005.

SOUSA, R. D. **Previsão da vida útil dos revestimentos cerâmicos aderentes em fachada.** Dissertação (Mestrado), Universidade técnica de Lisboa Instituto Superior Técnico, 2008.

SOUZA, J. S. **Evolução da degradação de fachadas - efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes.** Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação 07A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114p, 2016.

SOUZA, J. S. **Estudo Da Intensidade E Distribuição De Danos Em Regiões Da Fachada.** 2016.

SOUZA, J. S.; NASCIMENTO, M.; BAUER, E. **Estudo da quantificação da degradação de fachadas de edifícios por meio do mapeamento de anomalias.** In: CIRMARE - Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios, **Anais...**, n. 1, Rio de Janeiro, 2015.

TAGUCHI, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, 2010.

ANEXO I – GRÁFICOS DAS SIMULAÇÕES

As figuras a seguir apresentam os gráficos de cada simulação de grau de degradação.

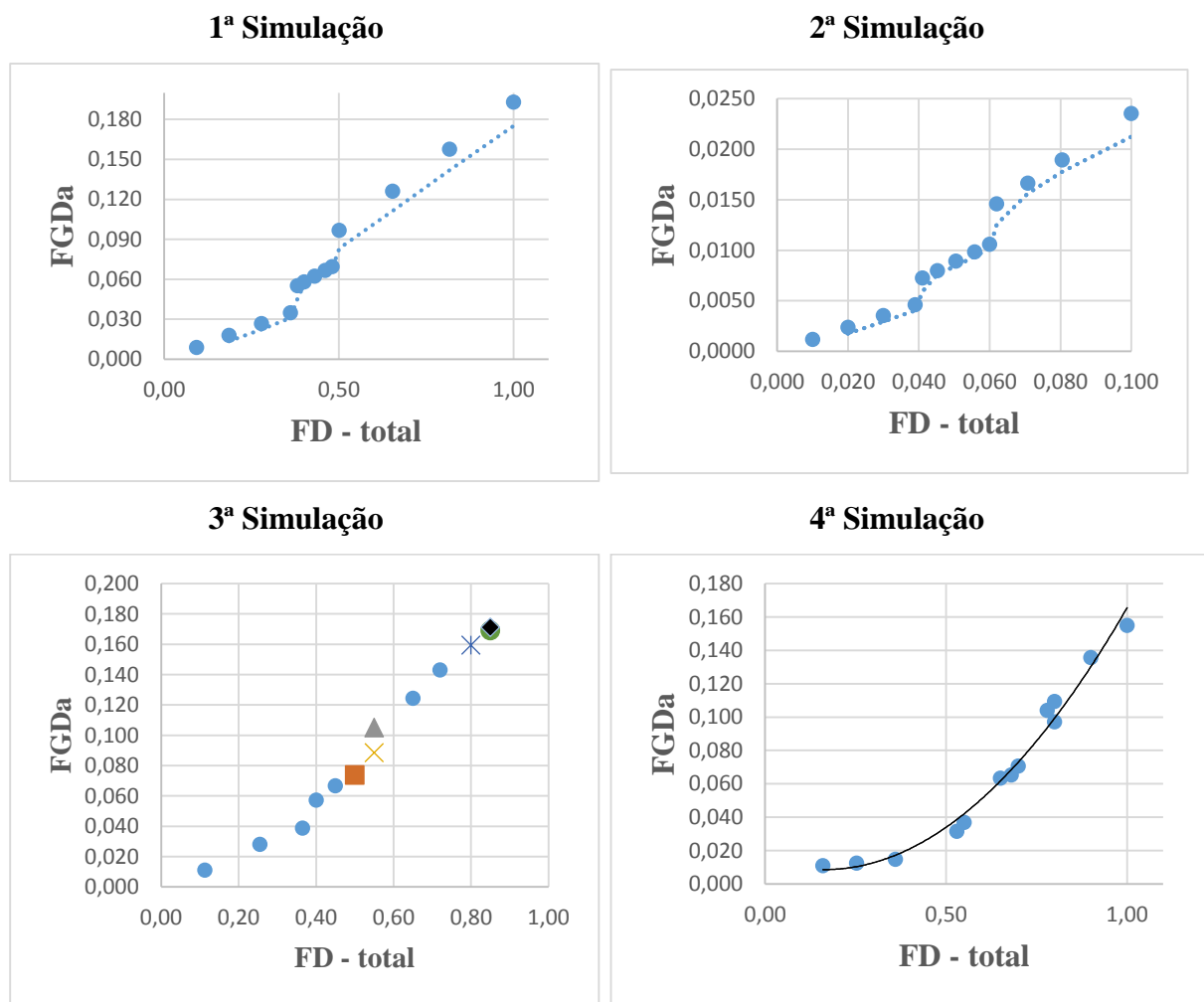


Figura A.1 – Curvas FDT x FGDa geradas para cada simulação, sem divisão de regiões.

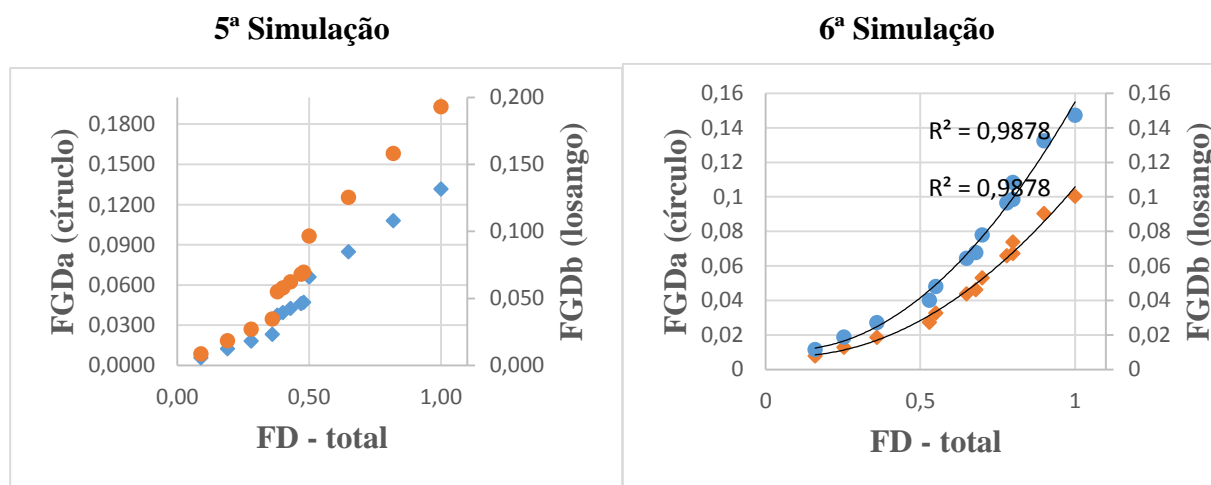


Figura A.2 – Curvas FDT x FGDa e FDT x FGD - total geradas, com divisão de regiões.

EDIFÍCIO A2 - 115 N BLOCO C

Tabela B.2 – Dados da Quantificação de danos do Edifício A2 – 115N, Bloco C.

Amostra	Orientação	Nível de condição (kna)						Área de cada anomalia (nº de quadrados)												FD - Total	FD - Total (%)	FGdb	FGdb (%)	Área Total (m²)						
		DC	FI	FR	EF	FV	PC	AB	SC	CE	TP	TO	FI	FR	EF	FV	FD	FGdb	Área Total											
A2.E1	Norte	2	3	FALSE	3	1	14	3			8	14	24	2	19				25	4	9	5	9	12	0,148	14,815	0,010	1,006	999	
A2.E2	Norte	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																				-	-	-	-	
A2.E3	Sul	FALSE	FALSE	1	FALSE	FALSE										8	1	8								0,031	3,119	0,000	0,008	545
A2.E4	Sul	2	FALSE	2	1	FALSE	65	12		8	22					17	1	10	21	5	1	8			0,170	17,017	0,008	0,791	999	
A2.P1	Oeste	FALSE	FALSE	1	3	FALSE																			0,044	4,427	0,001	0,060	384	
A2.P2	Oeste	2	2	1	3	FALSE						4								8	8	7			0,060	5,990	0,002	0,167	384	
A2.P3	Oeste	FALSE	2	FALSE	3	FALSE						1								14	2	2			0,055	5,469	0,002	0,173	384	
A2.P4	Oeste	FALSE	2	FALSE	3	FALSE						4								10	2	2			0,060	5,990	0,003	0,289	384	
A2.P5	Oeste	FALSE	2	1	1	FALSE						6				1	1	24		9	5				0,036	3,552	0,000	0,037	1295	
A2.P6	Oeste	2	2	1	3	FALSE	11	13		1		15	15		8	5	2	4		15	13	7	4		0,106	10,579	0,004	0,428	1295	
A2.P7	Oeste	2	4	1	3	FALSE	3			3		19	51		3	2	6	22	3	12	22	1			0,134	13,359	0,009	0,920	1295	
A2.P8	Oeste	FALSE	2	FALSE	3	FALSE						2	18		3					8	15	3			0,070	6,970	0,003	0,256	703	
A2.P9	Oeste	FALSE	2	1	1	FALSE						7				20	4	1			4				0,055	5,548	0,001	0,070	703	
A2.P10	Oeste	FALSE	2	1	1	FALSE						2				3									0,019	1,915	0,000	0,048	470	
A2.P11	Oeste	FALSE	2	1	3	FALSE						2				3				1	5				0,051	5,106	0,001	0,098	470	
A2.P12	Oeste	FALSE	2	1	3	FALSE						1				2				4		2	3		0,028	2,766	0,001	0,060	470	
A2.P13	Oeste	FALSE	#AUUEI	FALSE	FALSE	FALSE						1													-	-	-	-	-	
A2.P14	Oeste	FALSE	FALSE	1	FALSE	FALSE										1		1							0,004	0,426	0,000	0,001	470	
A2.P15	Oeste	FALSE	2	1	FALSE	FALSE						3	2					2							0,015	1,489	0,001	0,078	470	
A2.P16	Oeste	FALSE	FALSE	1	FALSE	FALSE												2							0,004	0,426	0,000	0,001	470	
A2.P17	Oeste	FALSE	2	FALSE	FALSE	FALSE						3	2												0,011	1,064	0,001	0,076	470	
A2.P18	Leste	FALSE	2	1	FALSE	1						6	2		38	2	12	1	1						0,048	4,840	0,003	0,324	1591	
A2.P19	Leste	2	3	FALSE	1	FALSE	2	3				51			37					7	7				0,067	6,725	0,006	0,609	1591	
A2.P20	Leste	2	2	1	1	FALSE	11	2		2	2	4			42	6				3					0,047	4,651	0,004	0,370	1591	
A2.P21	Leste	2	2	1	1	FALSE	1	1				6	8		3	8			7	5					0,028	2,828	0,001	0,147	1591	
								Média												0,056	5,612	0,002	0,262	4756 m²						
								Total																	4756 m²					

EDIFÍCIO A3 - 310N BLOCO F

Tabela B.3 – Dados da Quantificação de danos do Edifício A3 – 310N, Bloco F.

Amostra	Orientação	Nível de condição (kna)						Área de cada anomalia (nº de quadrados)																		FD - Total	FD - Total (%)	FGDb	FGDs (%)	Área Total (m)									
		DC	FI	FR	EF	FV	PC	DC			FI			FR			EF			FV																			
							PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO									
A3.E1	Oeste	2	4	1	3	FALSE	21	7			10	9	10	2	5	2	45	10	2																0,275	27,481	0,034	3,368	524
A3.E2	Oeste	FALSE	FALSE	1	FALSE	FALSE																													0,017	1,667	0,000	0,004	120
A3.E3	Leste	2	4	1	FALSE	FALSE	16	6			8	6	14	5	3	45																			0,206	20,611	0,031	3,140	524
A3.E4	Leste	FALSE	2	FALSE	FALSE	FALSE							3			1																			0,033	3,333	0,003	0,298	120
A3.P1	Sul	2	4	1	1	FALSE	2	15			2	4	5	3	4	72			1	1															0,091	9,084	0,015	1,483	1365
A3.P2	Sul	2	4	FALSE	FALSE	FALSE	17																												0,059	5,903	0,004	0,388	288
A3.P3	Norte	2	2	FALSE	FALSE	FALSE	9	7			9		5	3	2																				0,057	5,682	0,004	0,378	616
A3.P4	Norte	2	4	1	1	FALSE	14	7			3	5		4		75			4	5														0,125	12,524	0,020	1,970	1022	
A3.P5	Norte	FALSE	2	1	1	FALSE							2	1	2				1															0,016	1,623	0,001	0,067	616	
		Média																		0,098	9,768	0,012	1,233	1238,75 m²															

EDIFÍCIO A4 – SAMAMBAIA TORRE B

Tabela B.4 – Dados da Quantificação de danos do Edifício A4 Samambaia - Torre B.

Amostra	Orientação	Nível de condição (kna)								Área de cada anomalia (nº de quadrados)																								FD - Total	FD - Total (%)	FGDb	FGDb (%)	Área Total (n)																					
		DC	FI				FR				EF				FV				FI						FR						EF								FV																				
			PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC						AB	SC	CE	TP	TO																
AA.E1	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3																															0,026	2,58	0,002	0,219	310																	
AA.E2	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																														0,010	0,97	0,001	0,062	310																			
AA.E3	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																														0,223	22,26	0,012	1,162	310																			
AA.E4	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																														0,042	4,22	0,003	0,346	450																			
AA.E5	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																														0,004	0,44	0,000	0,032	450																			
AA.E6	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																														0,224	22,44	0,011	1,124	450																			
AA.E7	Oeste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	2																													0,032	3,23	0,002	0,229	310																			
AA.E8	Oeste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																														-	-	-	-	-																			
AA.E9	Oeste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	5	5																													0,100	10,00	0,006	0,624	310																		
AA.E10	Oeste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3																													0,022	2,22	0,002	0,183	450																			
AA.E11	Oeste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																															0,007	0,67	0,000	0,048	450																		
AA.E12	Oeste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3																														0,024	2,44	0,002	0,194	450																		
AA.P1	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	8	100	5	12	2																										0,166	16,60	0,009	0,852	765																		
AA.P2	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	6	22	2	6																											0,076	7,58	0,003	0,295	765																		
AA.P3	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3																														0,111	11,05	0,005	0,474	380																		
AA.P4	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	1	54	22	2	2	23																									0,120	12,04	0,006	0,586	864																		
AA.P5	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3																														0,091	9,14	0,003	0,257	864																		
AA.P6	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	8	11																													0,122	12,22	0,006	0,566	450																		
AA.P7	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3	18	27																												0,067	6,67	0,004	0,362	765																		
AA.P8	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	2	4	58	101	1																										0,217	21,70	0,012	1,211	765																		
AA.P9	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3																														0,092	9,21	0,004	0,389	380																		
AA.P10	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	7																														0,131	13,08	0,006	0,625	864																		
AA.P11	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	1	5	28	56	22																										0,135	13,54	0,007	0,749	864																		
AA.P12	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	11	11																													0,116	11,56	0,009	0,889	450																		
Média																																																							0,094	9,386	0,005	0,499	3106,5 m ²

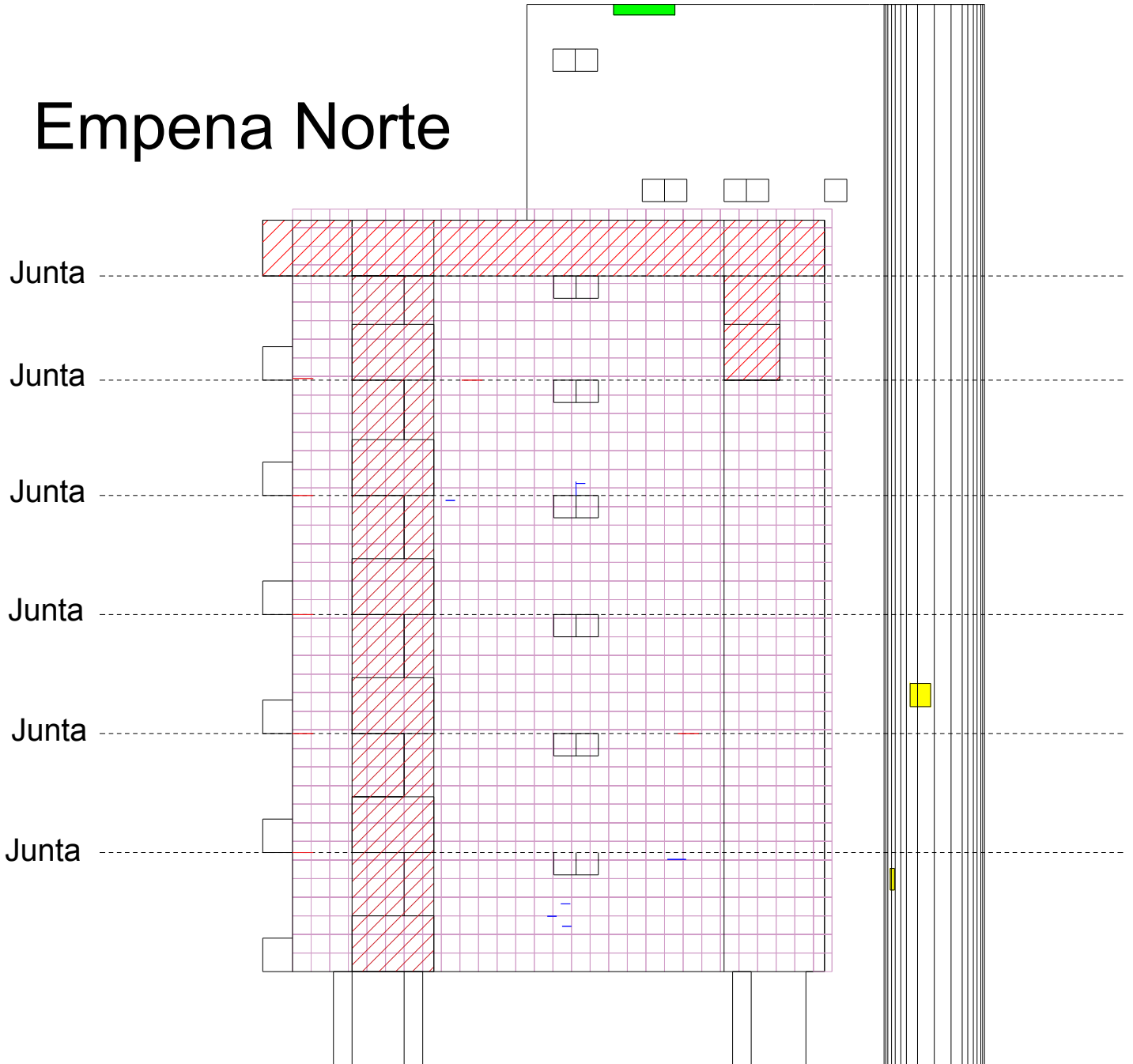
EDIFÍCIO A5 – SAMAMBAIA TORRE A

Tabela B.5 – Dados da Quantificação de danos do Edifício Torre A – Samambaia.







Amostra	Orientação	Nível de condição (kna)												Área de cada anomalia (nº de quadrados)												FD - Total	FD - Total (%)	FGDb	FGDb (%)	Área Total (m²)								
		DC						FI						FR						EF											FV							
		DC	FI	FR	EF	FV	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC	AB	SC	CE	TP	TO	PC						AB	SC	CE	TP	TO			
AS.E1	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE					8																						0,026	2,581	0,002	0,166	310	
AS.E2	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																											-	-	-	-	-	
AS.E3	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	19	23			12	8																						0,200	20,000	0,013	1,298	310
AS.E4	Leste	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																											-	-	-	-	-	
AS.E5	Leste	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																											-	-	-	-	-	
AS.E6	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	69	37			4	47																						0,349	34,889	0,025	2,474	450
AS.E7	Leste	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																											-	-	-	-	-	
AS.E8	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																											0,039	3,871	0,002	0,249	310	
AS.E9	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	7	1			1																							0,029	2,903	0,002	0,195	310
AS.E10	Leste	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																											-	-	-	-	-	
AS.E11	Leste	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																											0,000	0,000	0,000	0,000	450	
AS.E12	Leste	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	8				2																							0,022	2,222	0,002	0,160	450
AS.P1	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	11	8	8	6	8																						0,054	5,359	0,003	0,230	765	
AS.P2	Sul	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE																											-	-	-	-	-	
AS.P3	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE					5	24																						0,076	7,632	0,005	0,533	380
AS.P4	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3		2	2	16	24																						0,054	5,440	0,004	0,403	864
AS.P5	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE						26																						0,030	3,009	0,002	0,193	864
AS.P6	Sul	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	8	1			7																							0,036	3,556	0,003	0,278	450
AS.P7	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	11	17	2	5	7																							0,055	5,490	0,003	0,344	765
AS.P8	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	3			7																								0,013	1,307	0,001	0,092	765
AS.P9	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE						36																						0,095	9,474	0,006	0,609	380
AS.P10	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	6	2	4	2	5	20																						0,045	4,514	0,003	0,291	864
AS.P11	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	2		16	2	21																							0,047	4,745	0,002	0,238	864
AS.P12	Norte	2	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	7	5		4																								0,036	3,556	0,002	0,220	450
												Média												0,067	6,697	0,003	0,448	2500,25 m²										

ANEXO III – AMOSTRAS

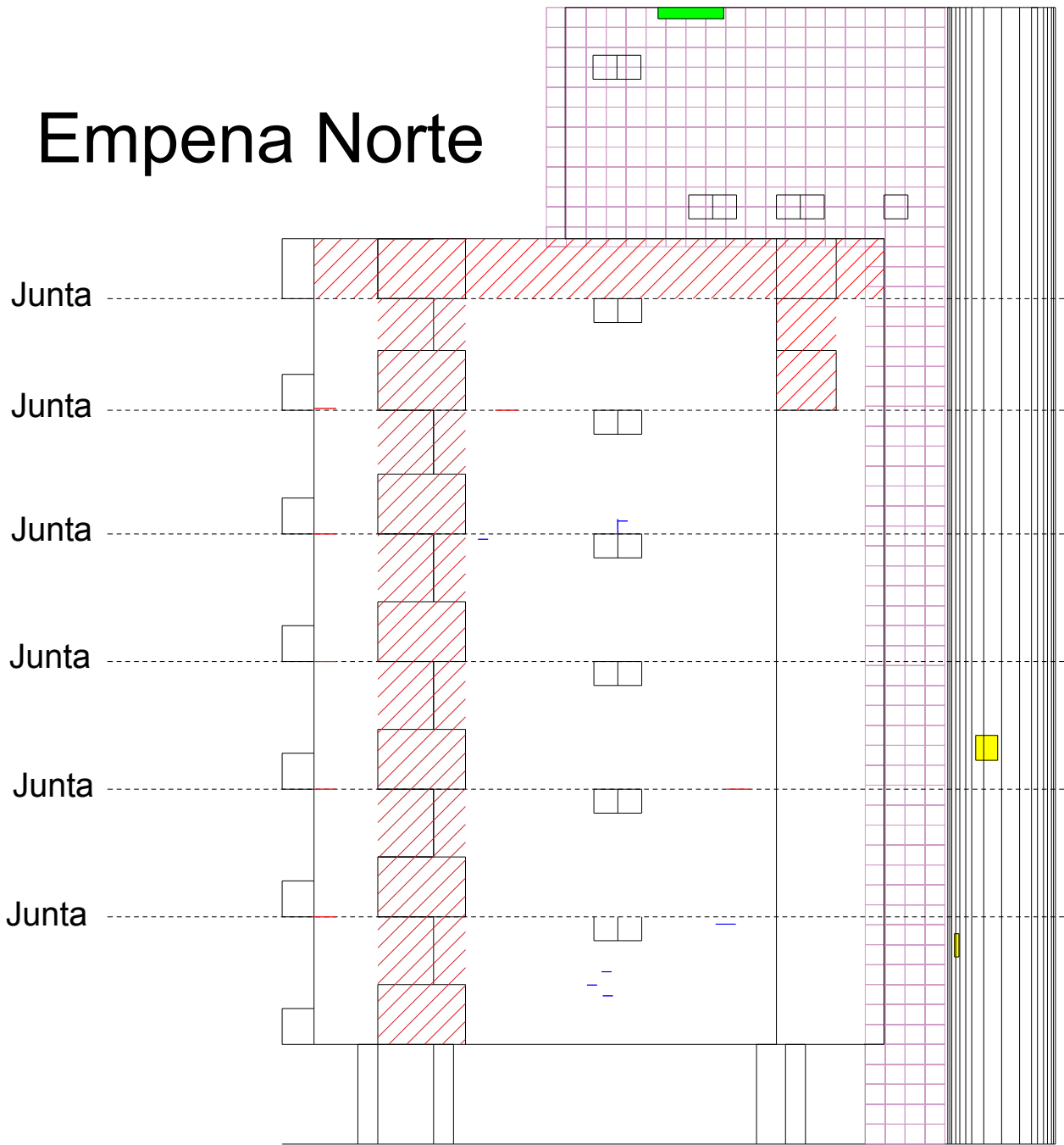
Empena Norte









A1.E1

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

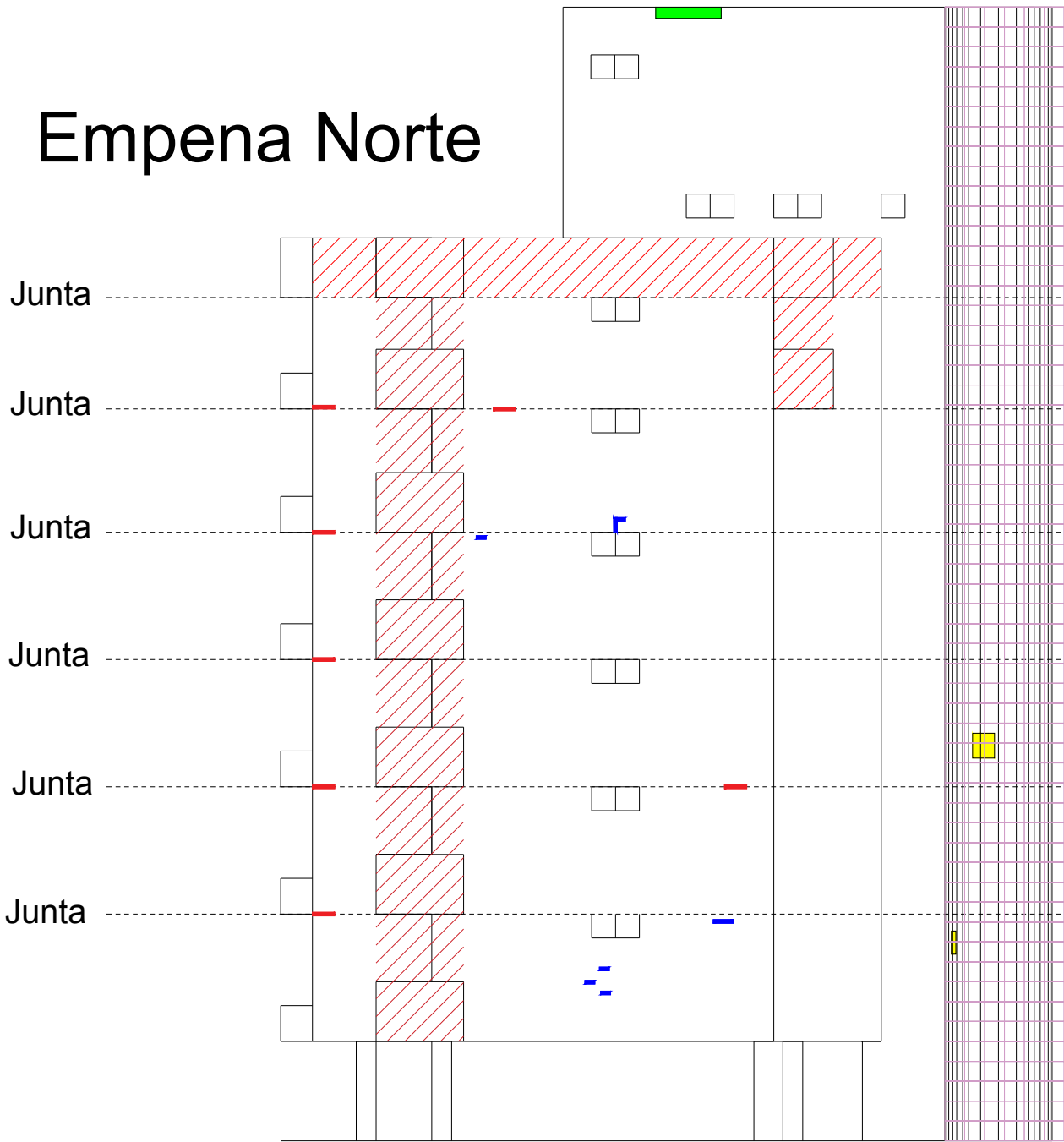
Empena Norte









A1.E2

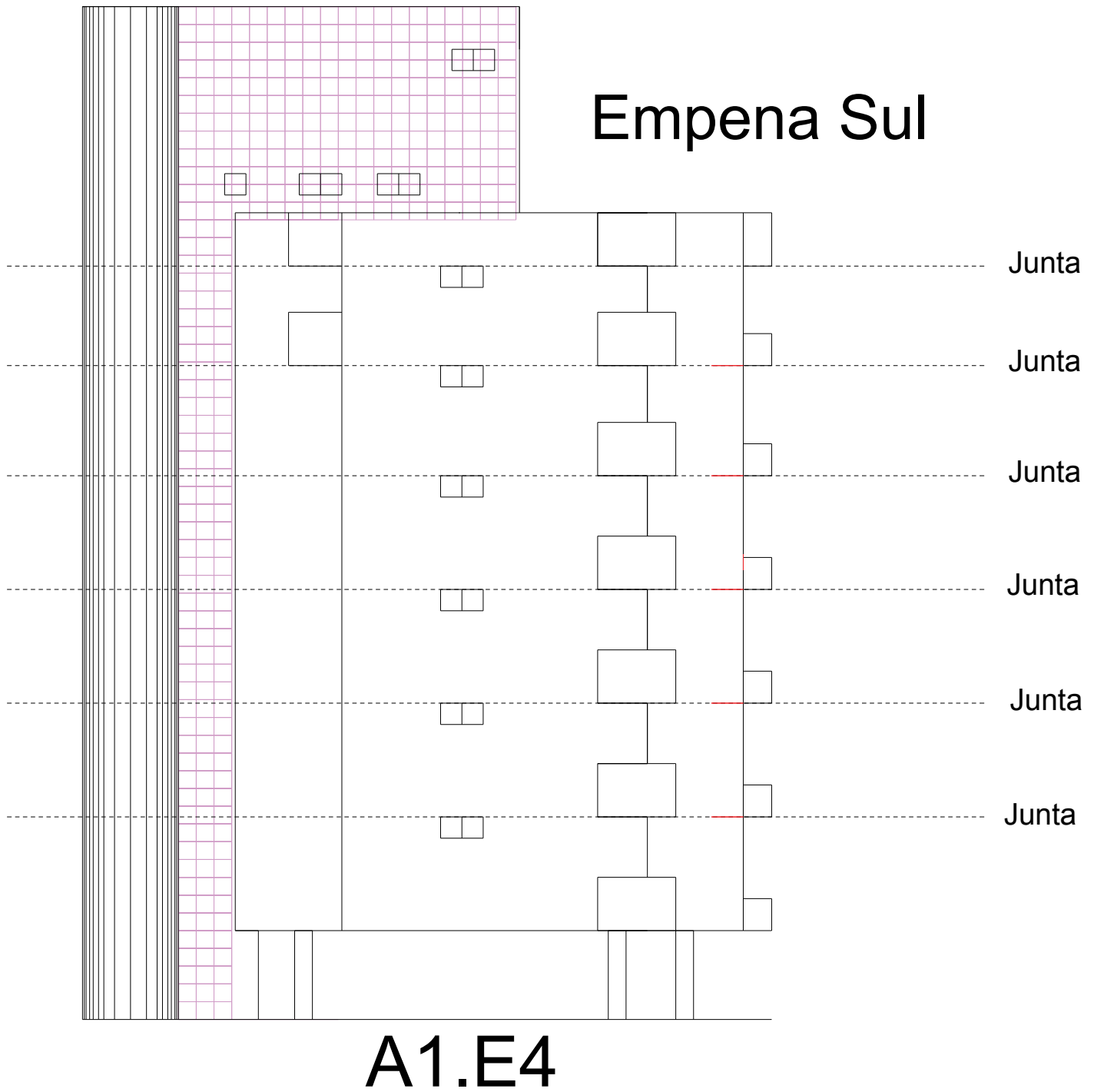
-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência







Empena Norte



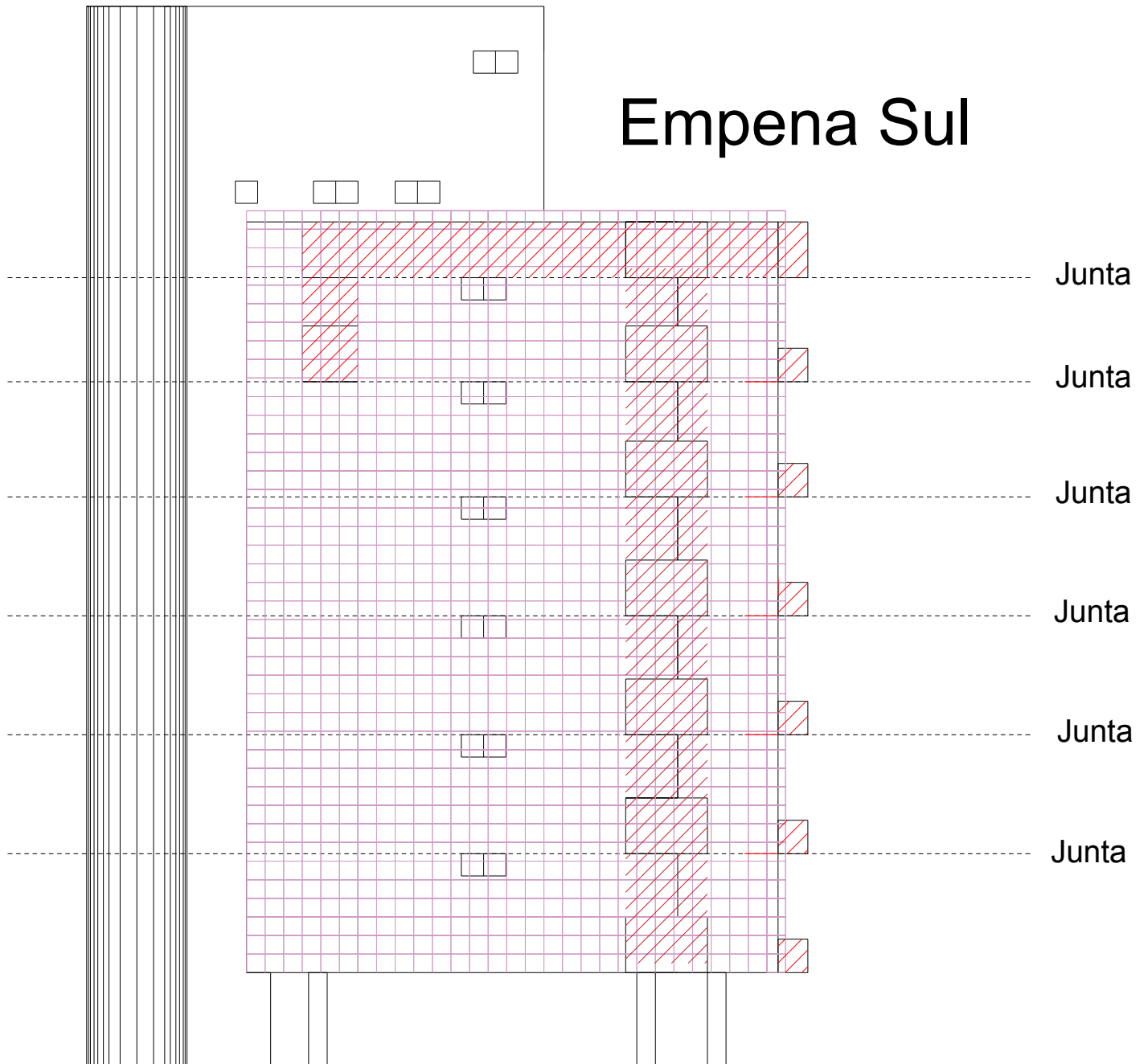
A1.E6

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

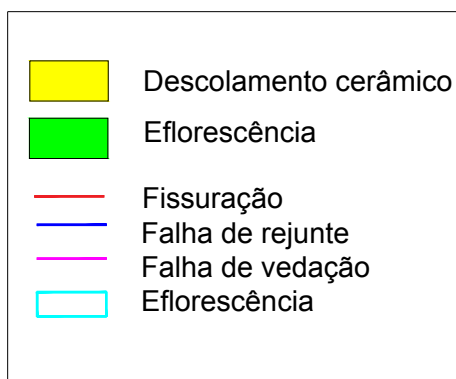


-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

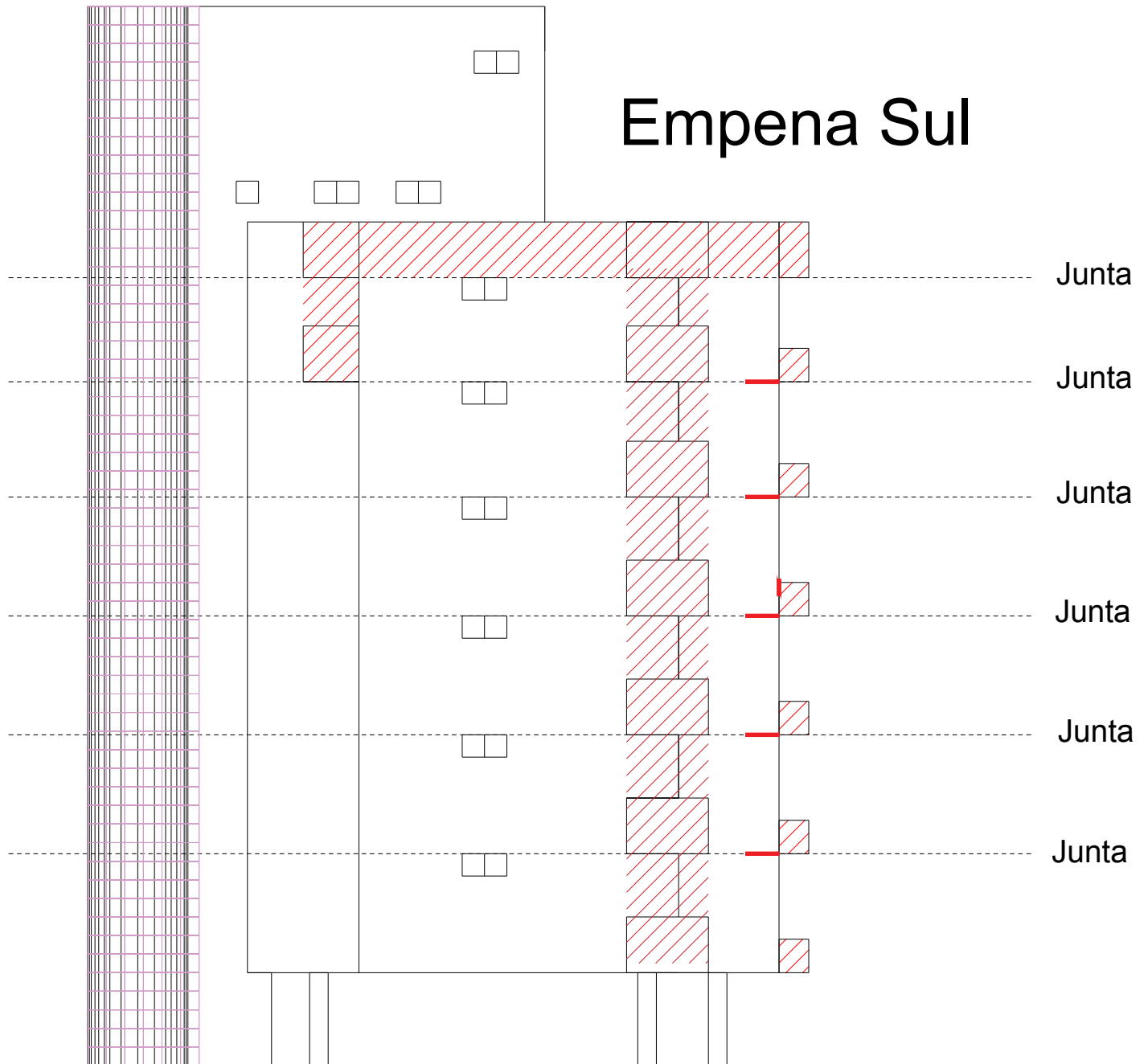
Empena Sul



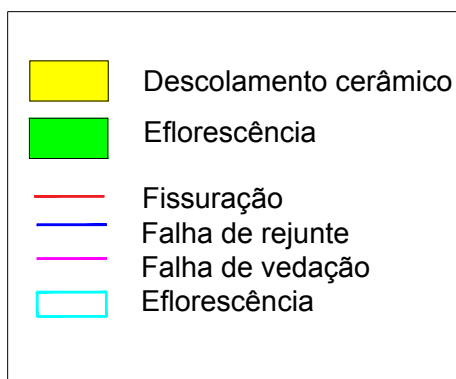
A1.E3



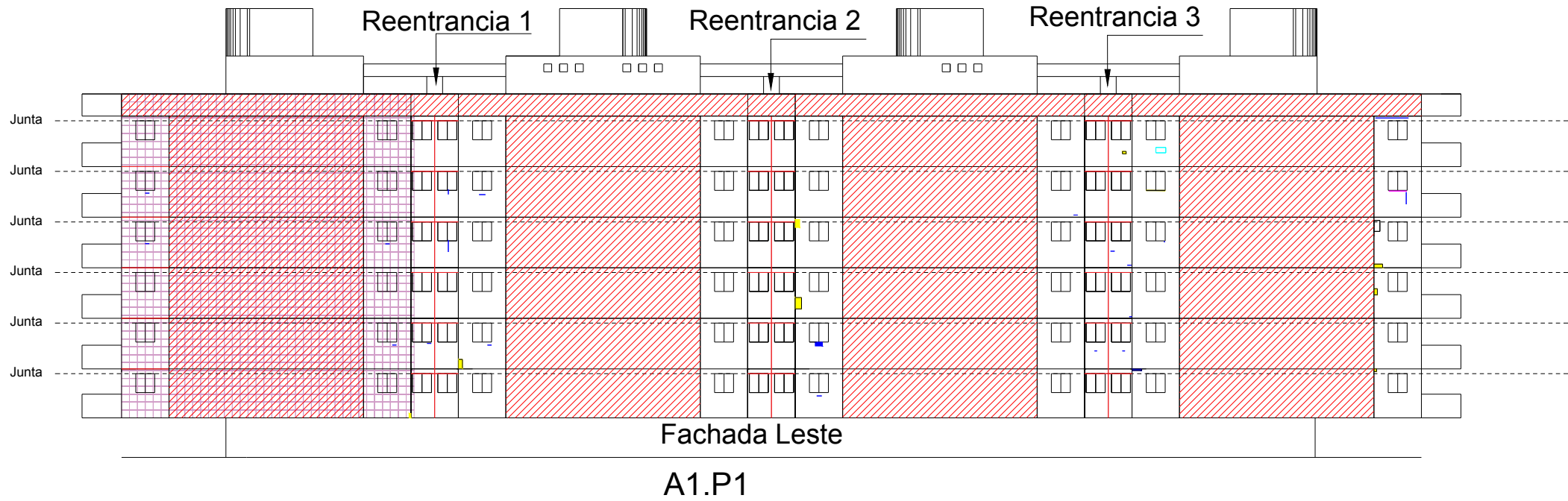
Empena Sul









A1.E5

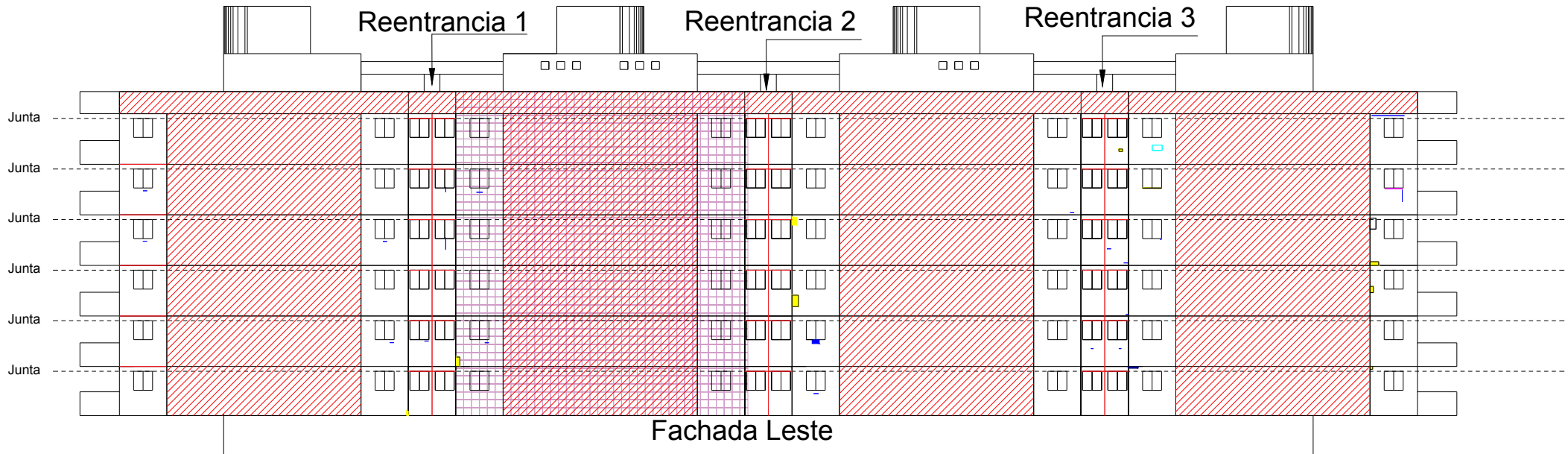








EDIFÍCIO A1 - 111 N BLOCO C

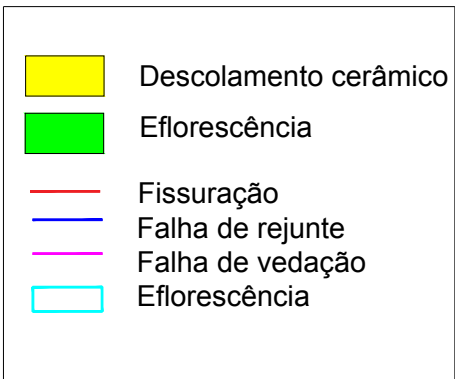
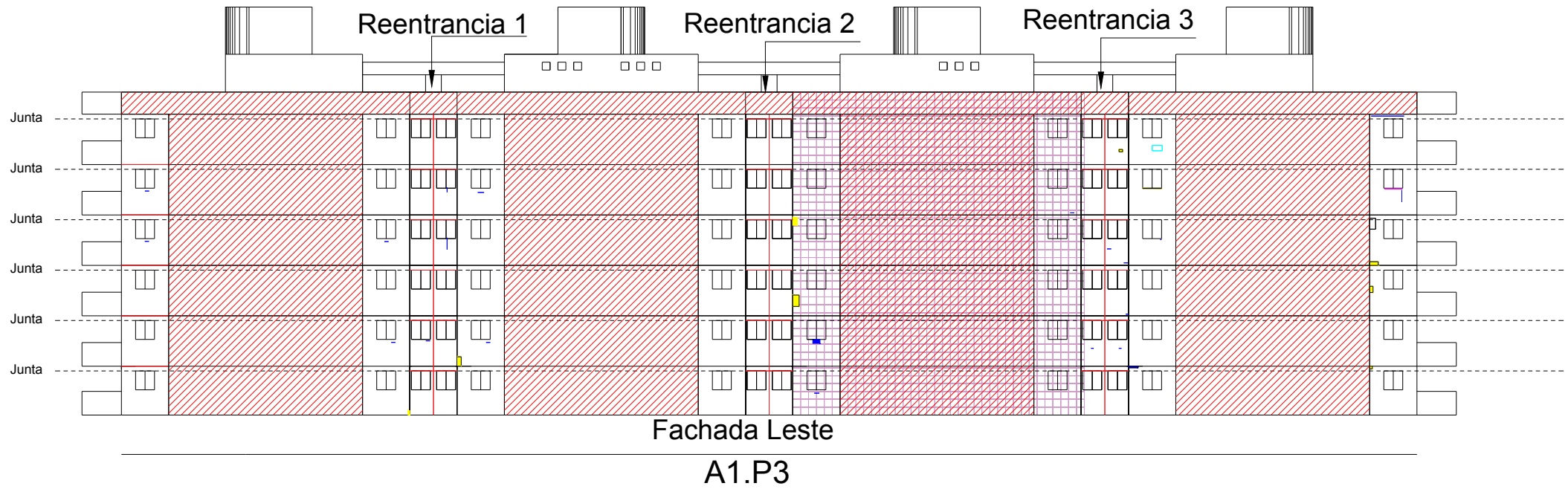


-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

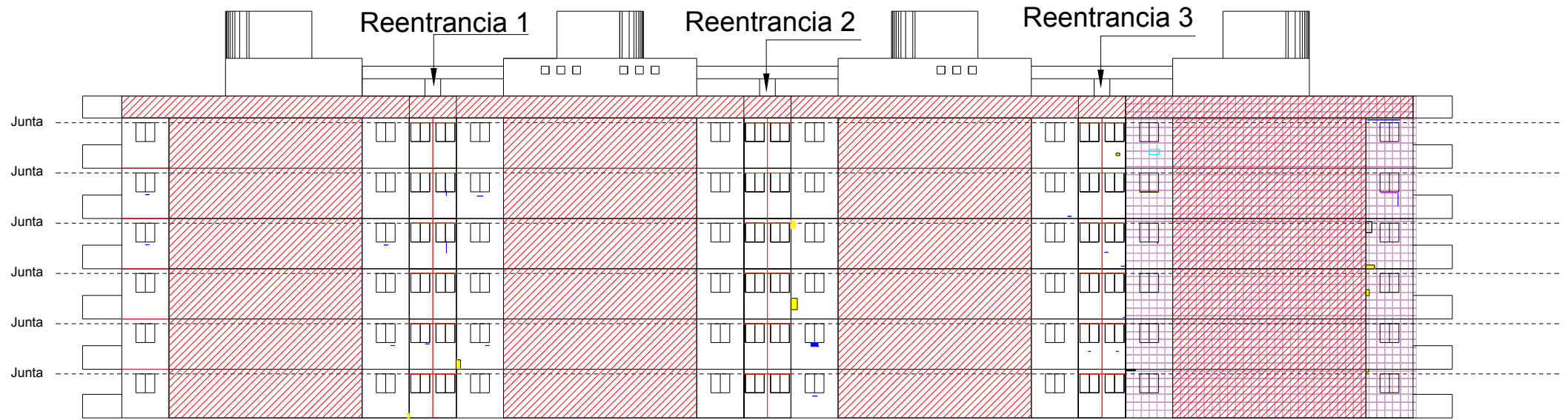
EDIFÍCIO A1 - 111 N BLOCO C



-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

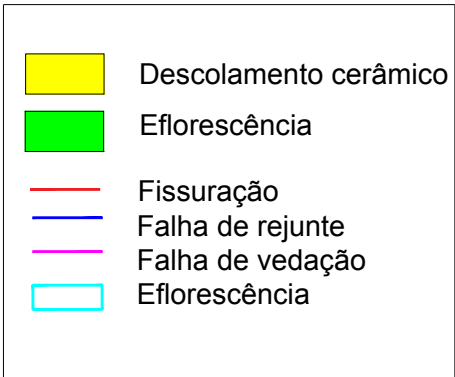


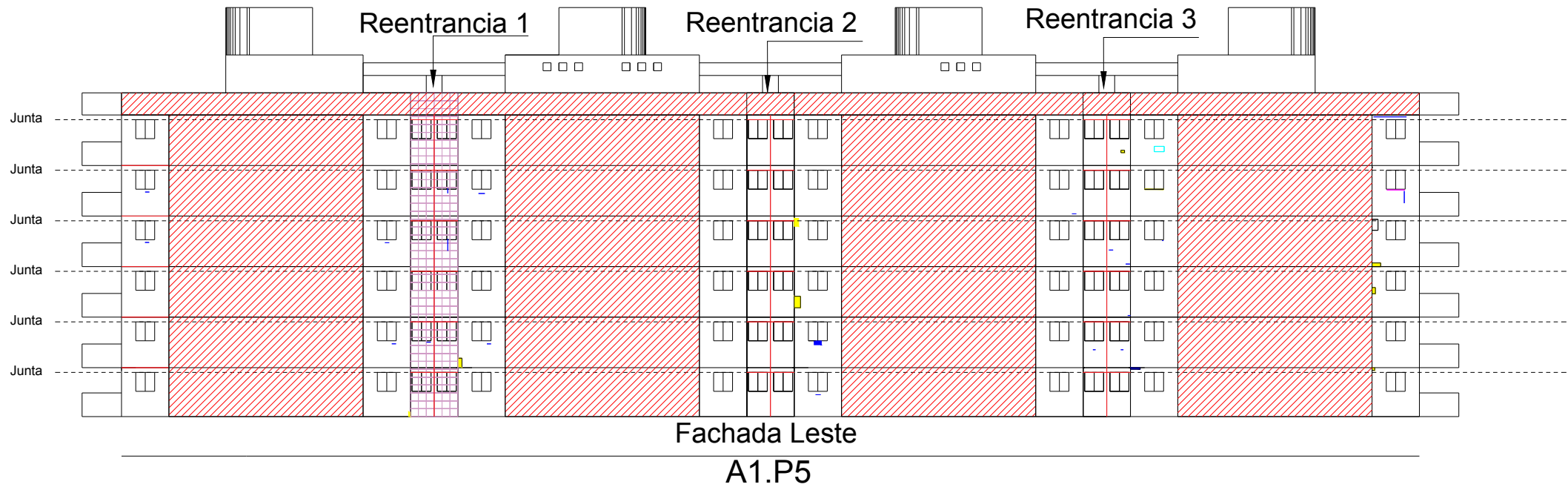
EDIFÍCIO A1 - 111 N BLOCO C

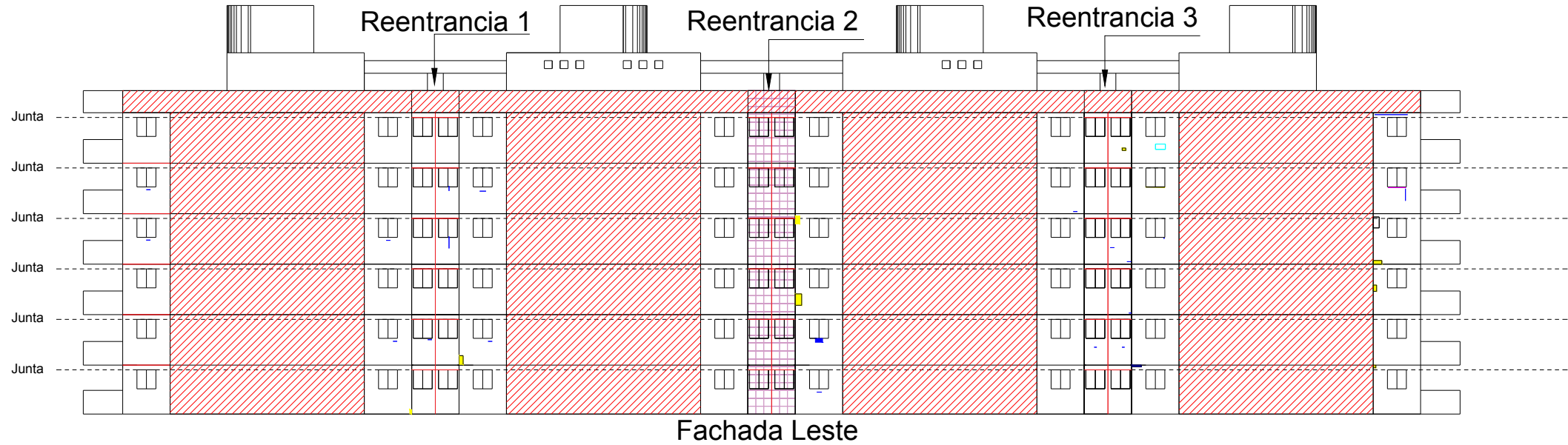


Fachada Leste

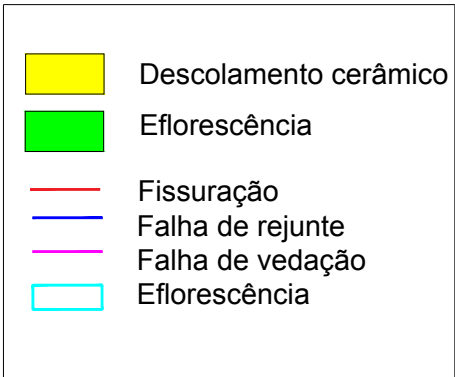
A1.P4

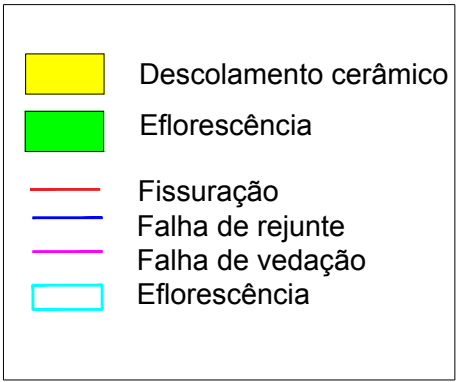
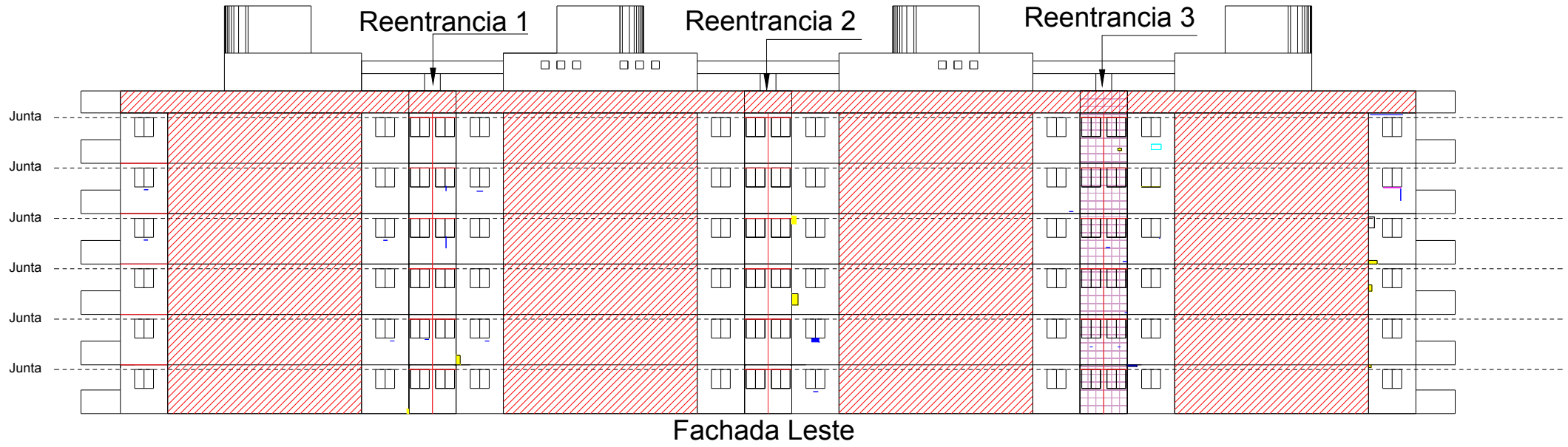


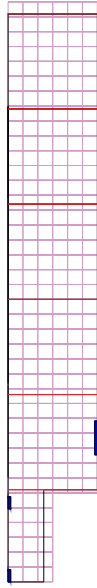




A1.P6







Reentrancia 1
orientação
NORTE

A1.P8



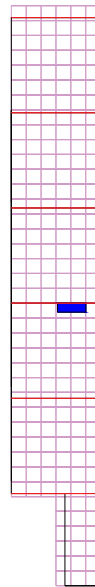
Reentrancia 1
orientação
SUL

A1.P9









Reentrancia 2
orientação
NORTE

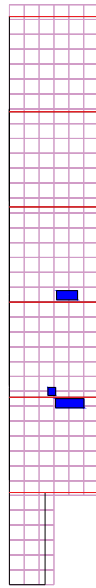
A1.P10



Reentrancia 2
orientação
SUL

A1.P11

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Eflorescência



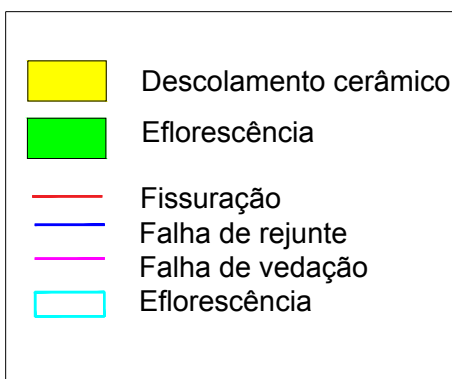
Reentrancia 3
orientação
NORTE

A1.P12



Reentrancia 3
orientação
SUL

A1.P13

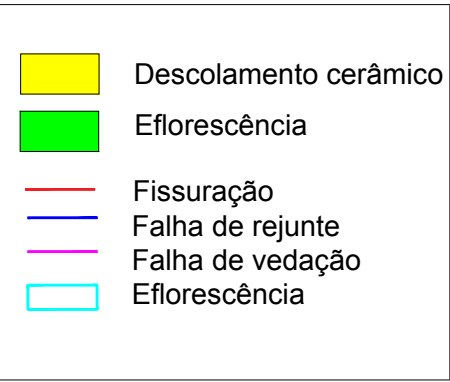
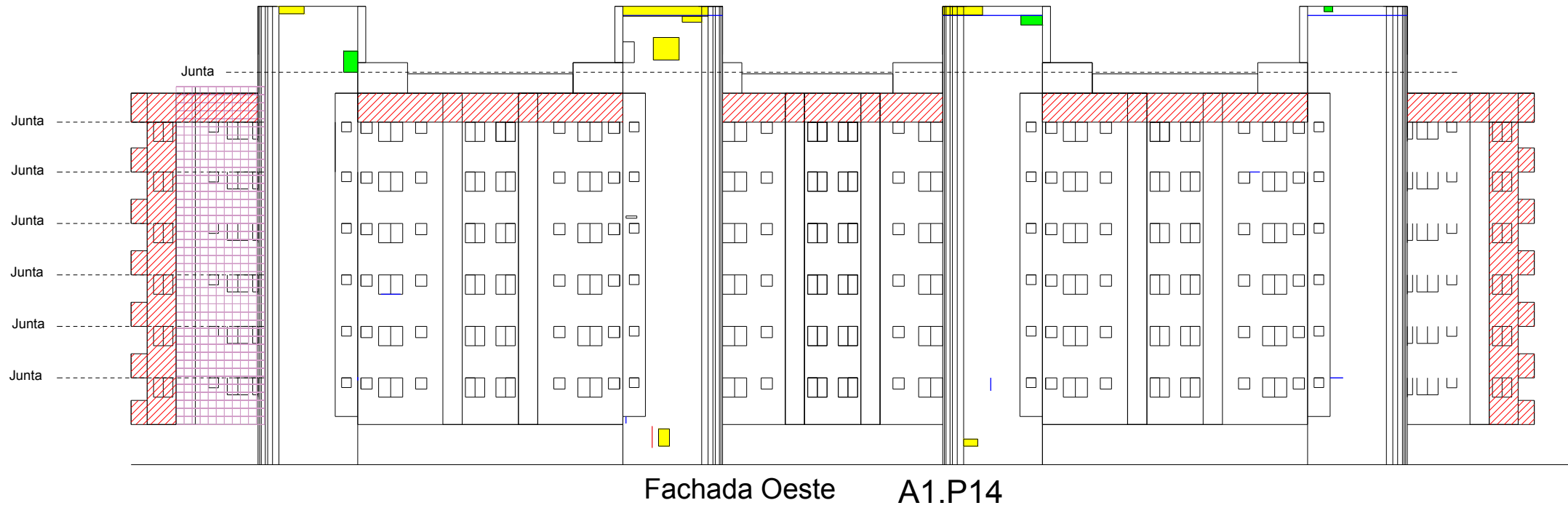


Caixa de escada 4

Caixa de escada 3

Caixa de escada 2

Caixa de escada 1



Caixa de escada 4

Caixa de escada 3

Caixa de escada 2







Caixa de escada 1

Junta



Fachada Oeste

A1.P15

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Eflorescência

Caixa de escada 4







Caixa de escada 3

Caixa de escada 2

Caixa de escada 1



Fachada Oeste A1.P16

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

Caixa de escada 4







Caixa de escada 3

Caixa de escada 2

Caixa de escada 1



Fachada Oeste A1.P17

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

EDIFÍCIO A1 - 111 N BLOCO C

Caixa de escada 4







Caixa de escada 3

Caixa de escada 2

Caixa de escada 1



Fachada Oeste A1.P18

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

EDIFÍCIO A1 - 111 N BLOCO C

Caixa de escada 4







Caixa de escada 3

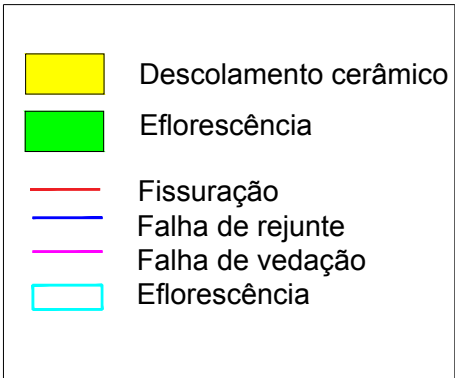
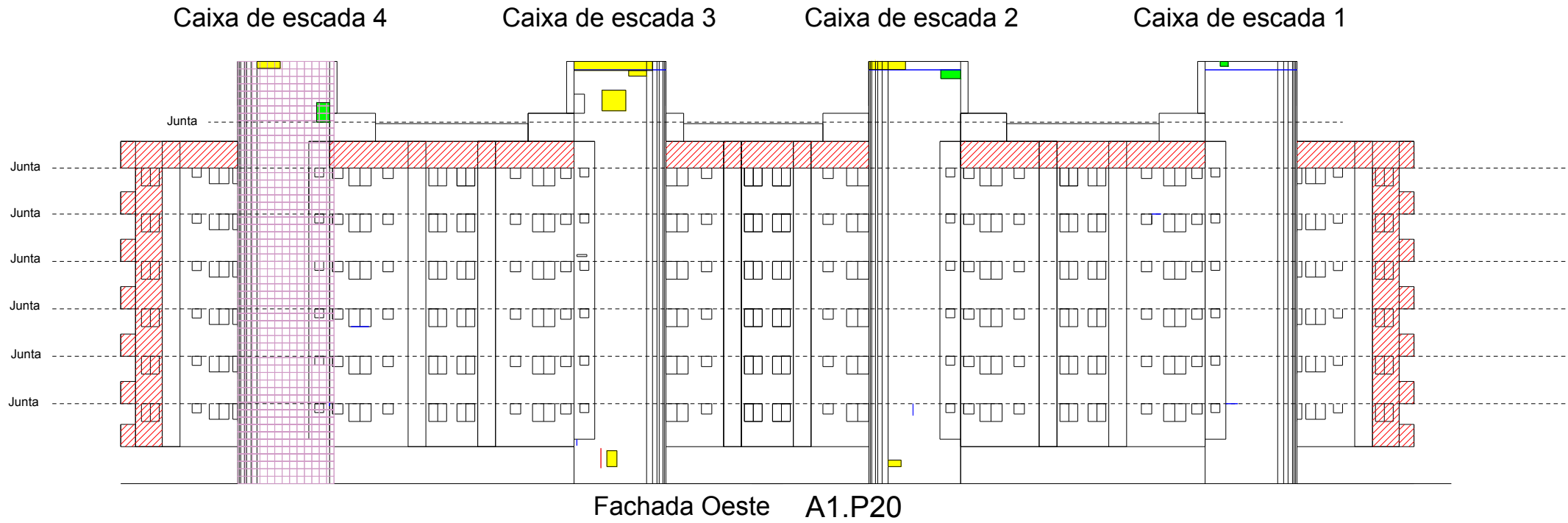
Caixa de escada 2

Caixa de escada 1



Fachada Oeste A1.P19

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

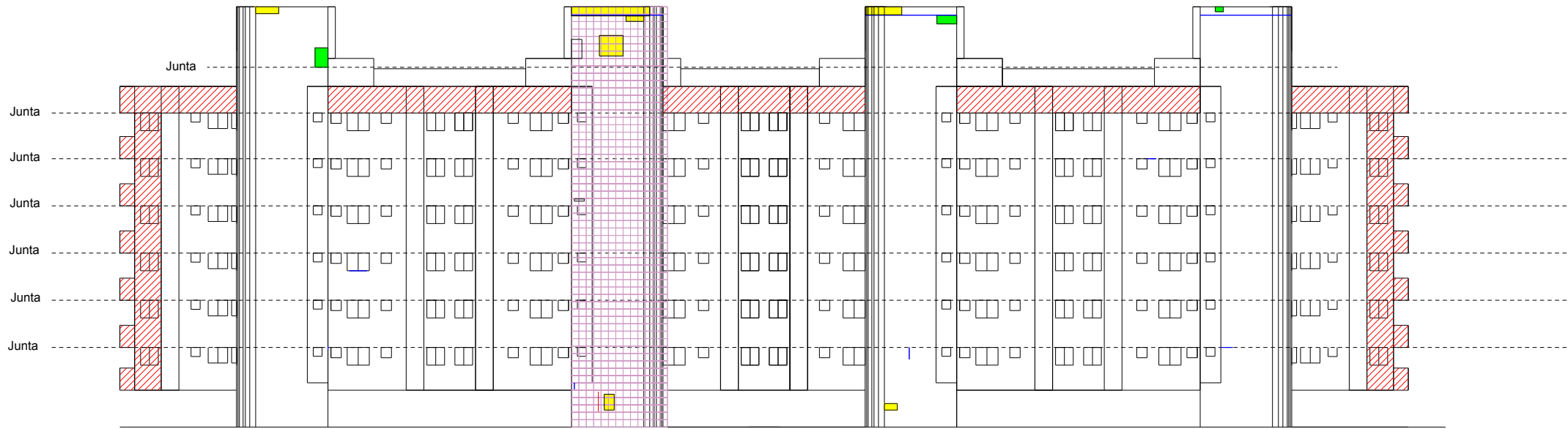


Caixa de escada 4

Caixa de escada 3

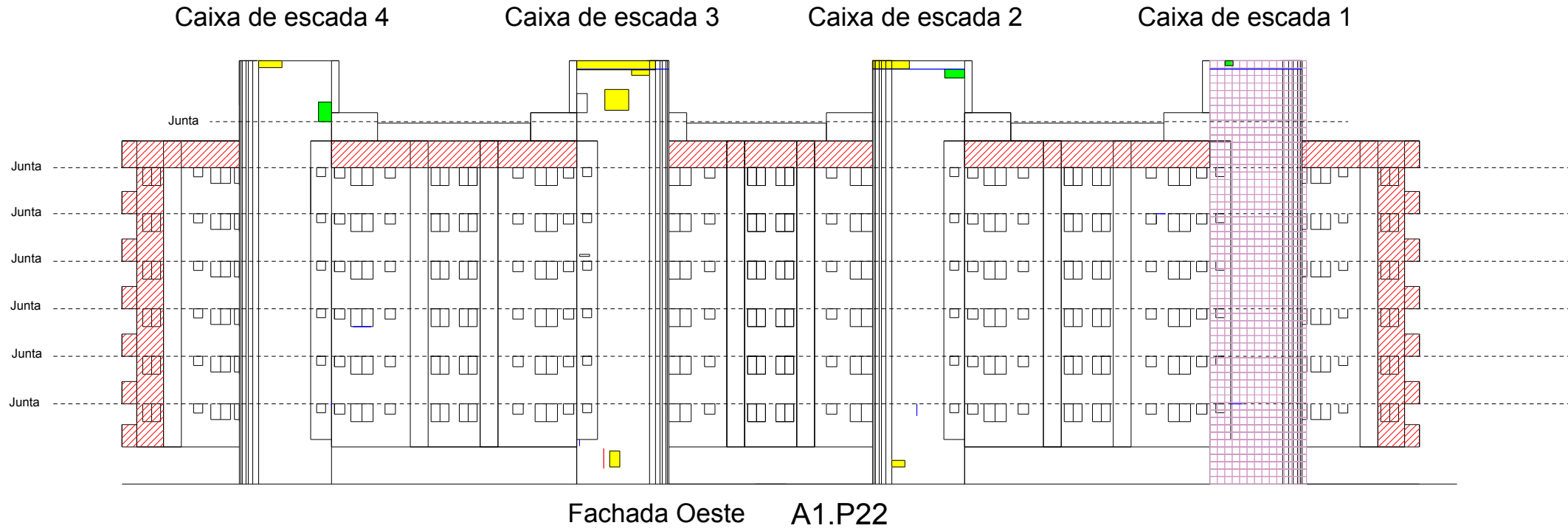
Caixa de escada 2







Caixa de escada 1



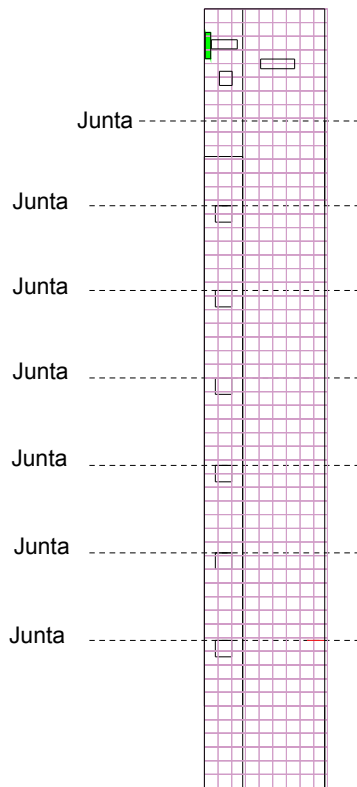
Fachada Oeste A1.P21

- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- Eflorescência

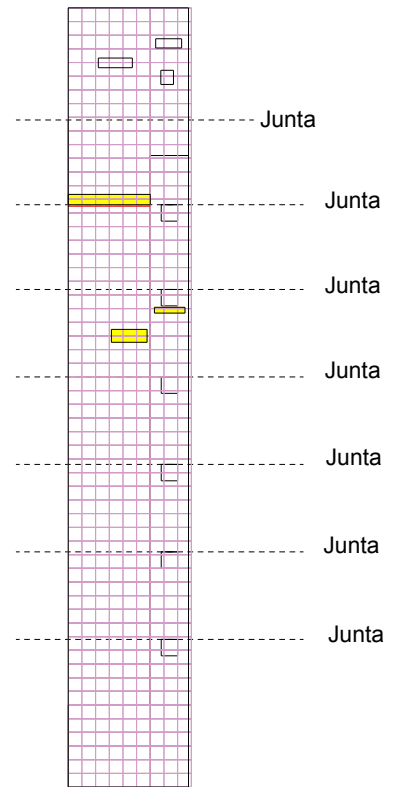


-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Eflorescência

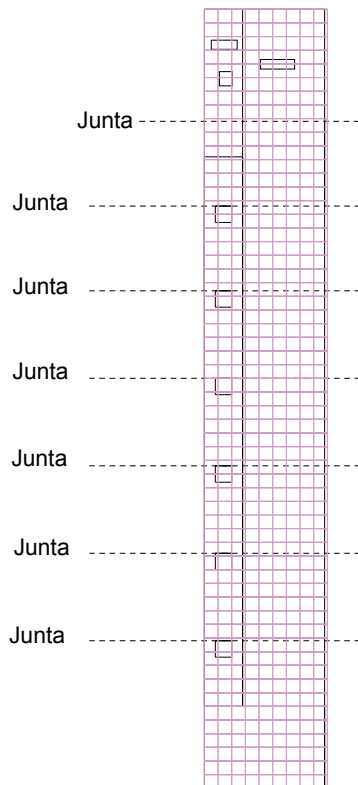
Caixa de escada 3, lado sul A1.P24



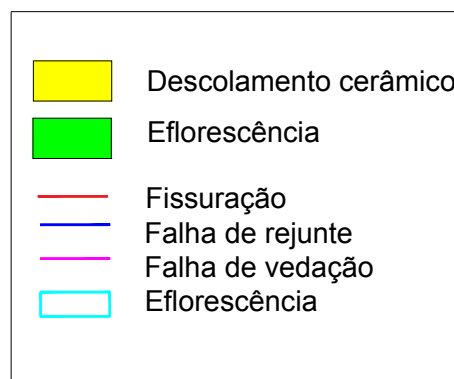
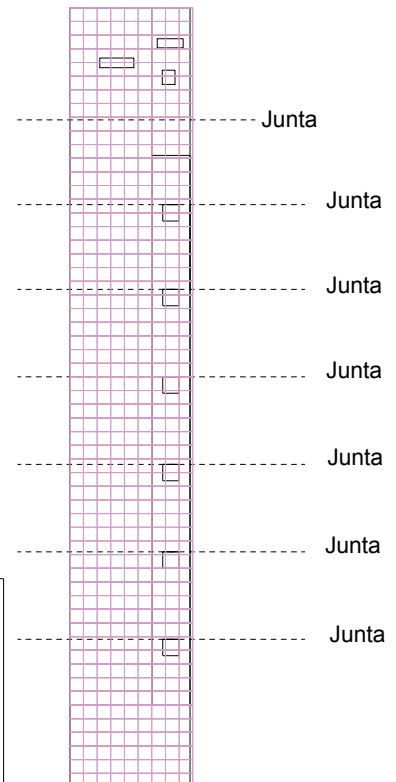
Caixa de escada 4, lado norte A1.P23

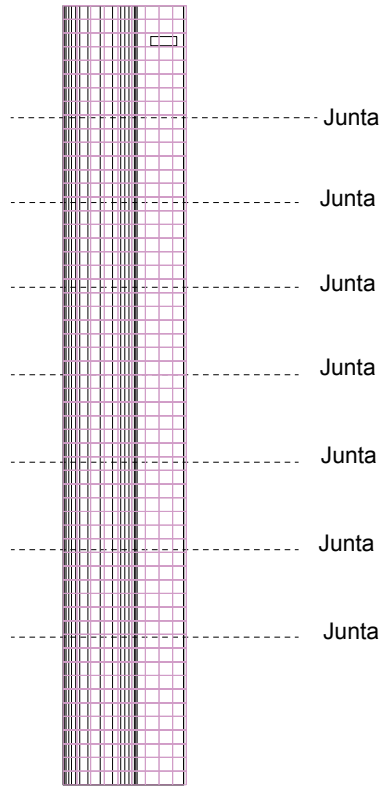


Caixa de escada 2, lado sul A1.P26

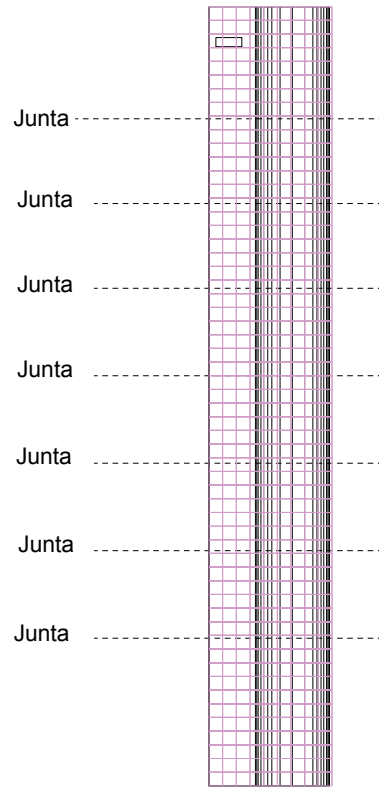


Caixa de escada 1, lado norte A1.P27











Caixa de escada 3, lado sul
A1.P28



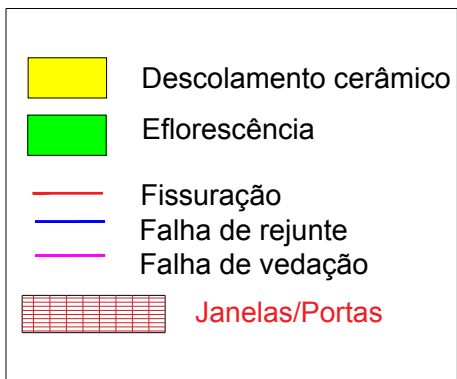
Caixa de escada 2, lado norte
A1.P25

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Eflorescência

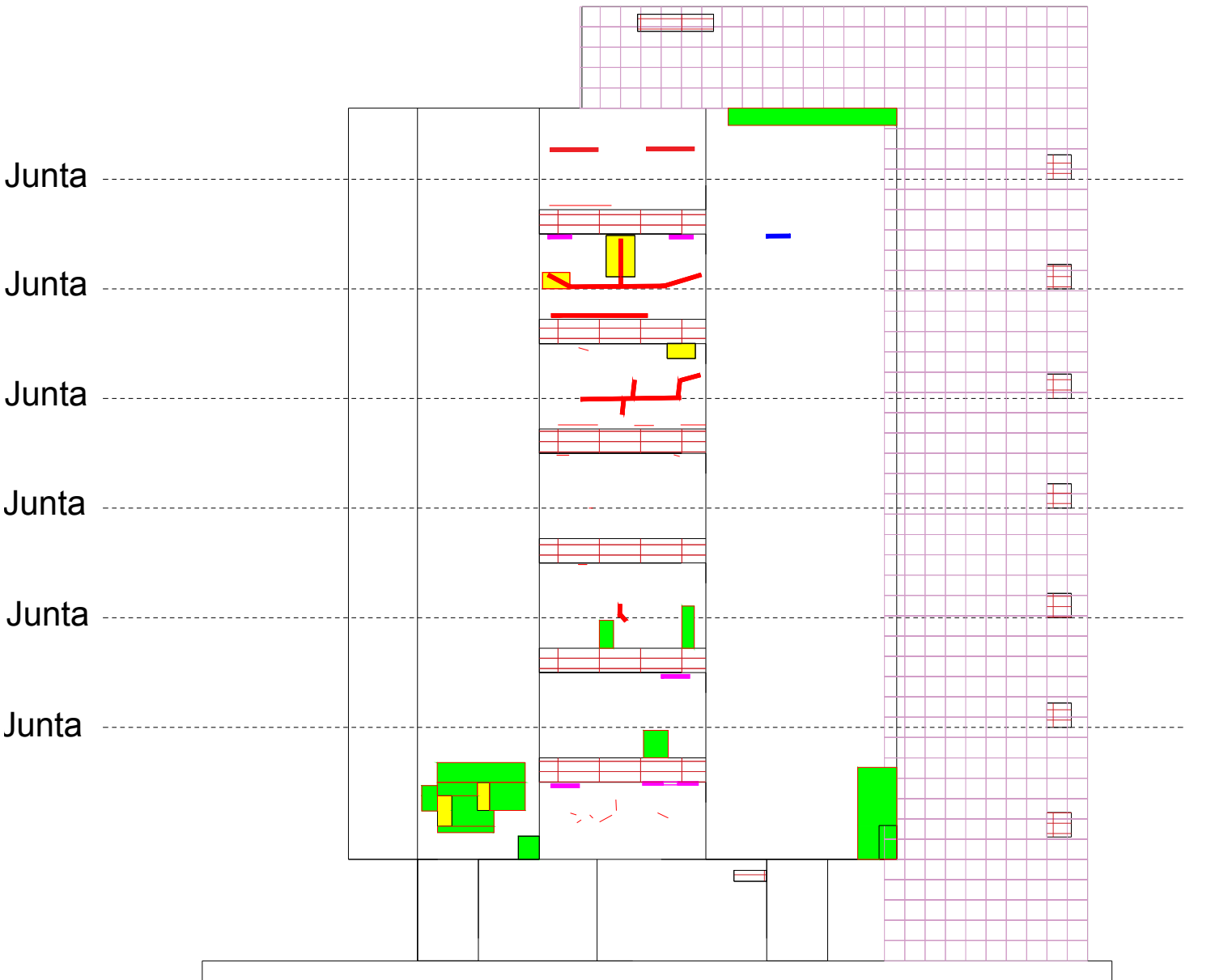
Caixa de escada 1



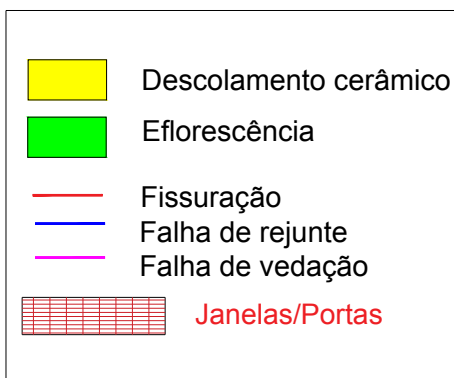
Empena Norte A2.E1



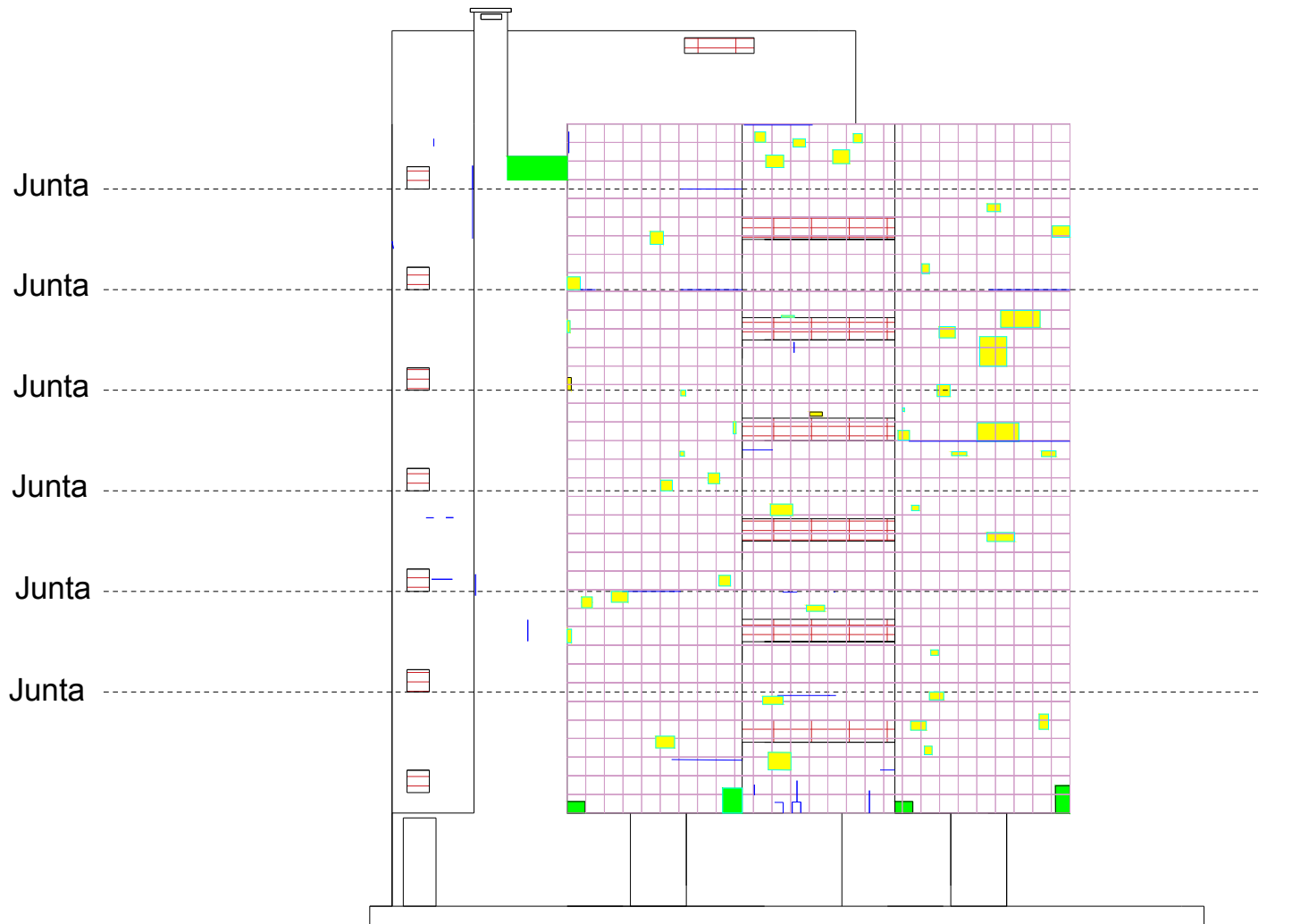
Caixa de escada 1



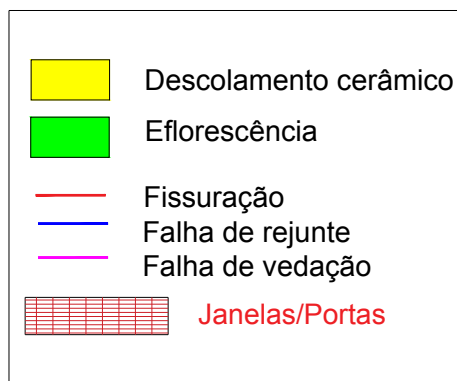
Empena Norte A2.E2



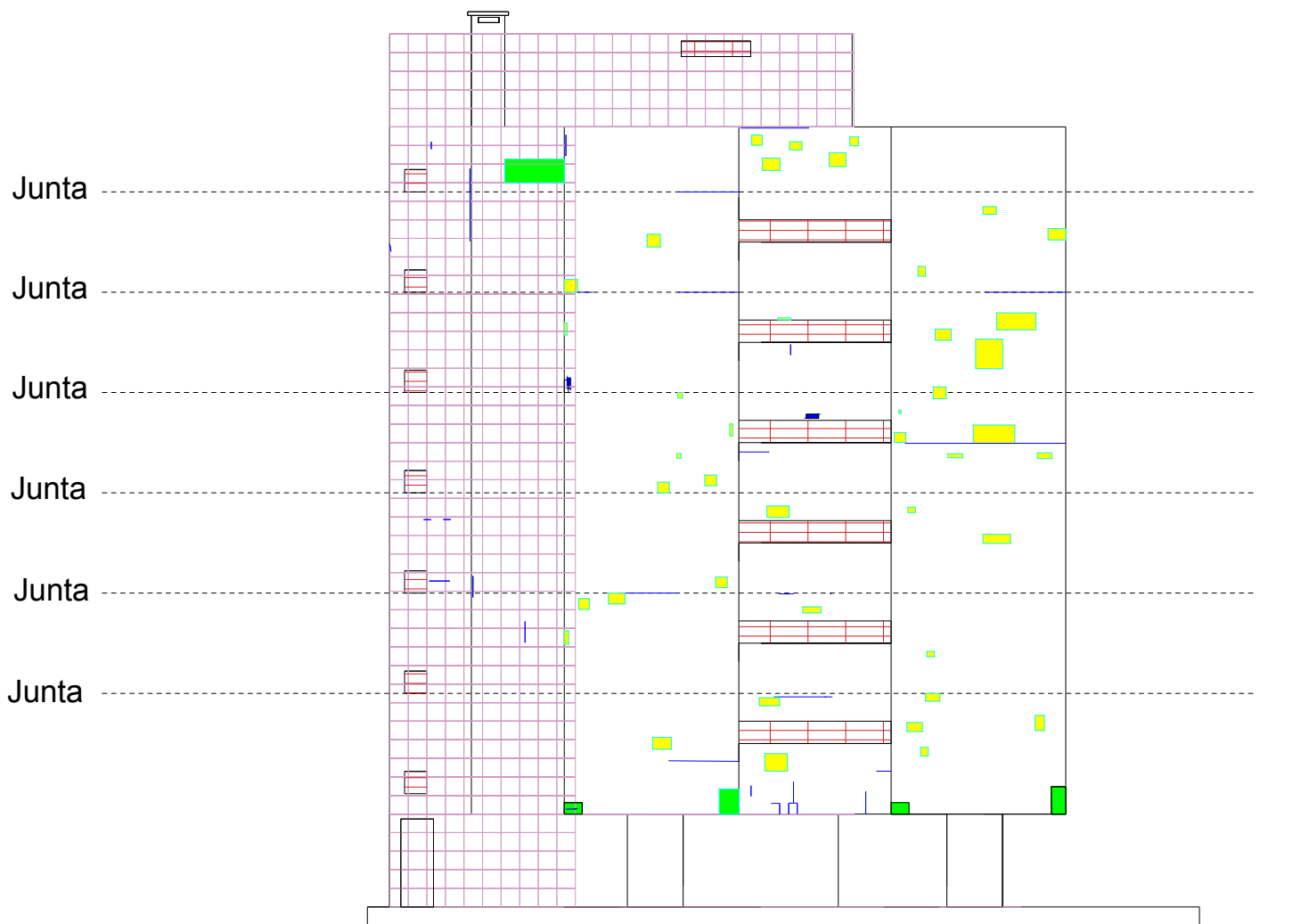
Caixa de escada 4



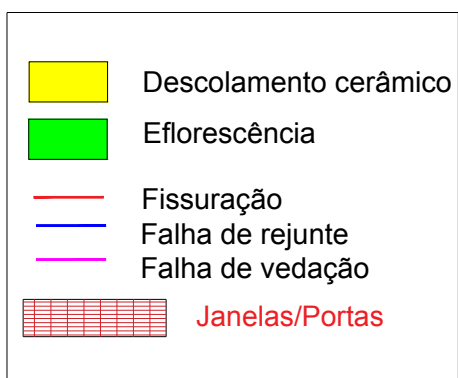
Empena Sul A2.E4



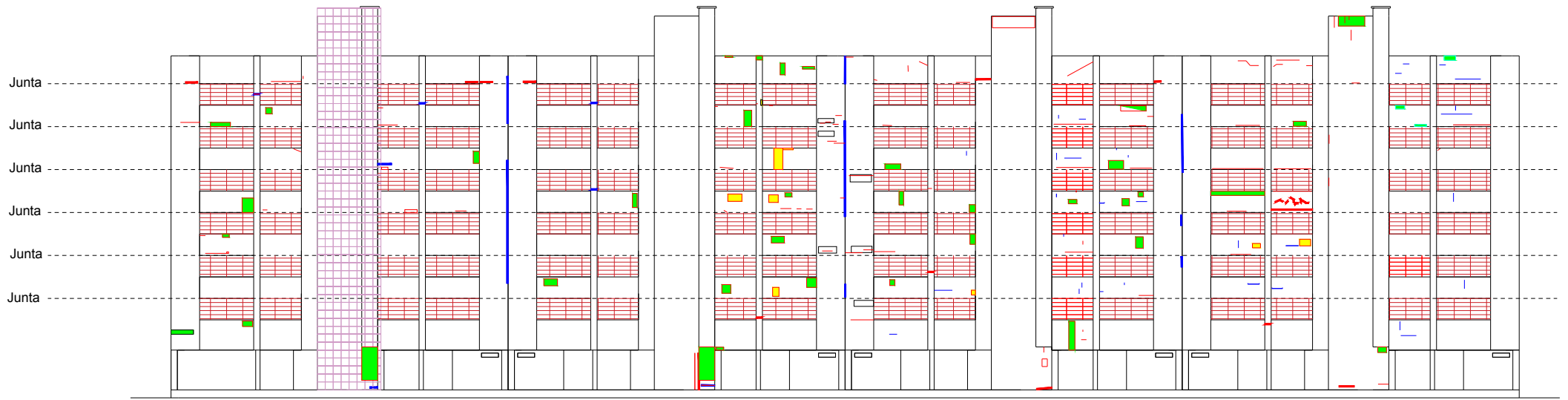
Caixa de escada 4



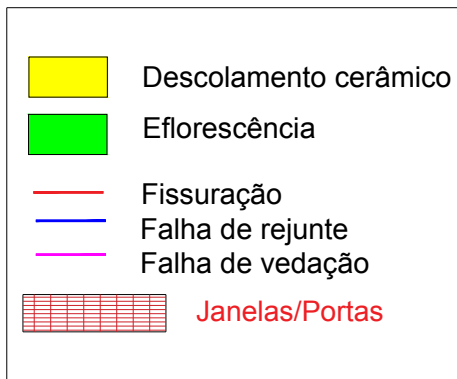
Empena Sul A2.E3



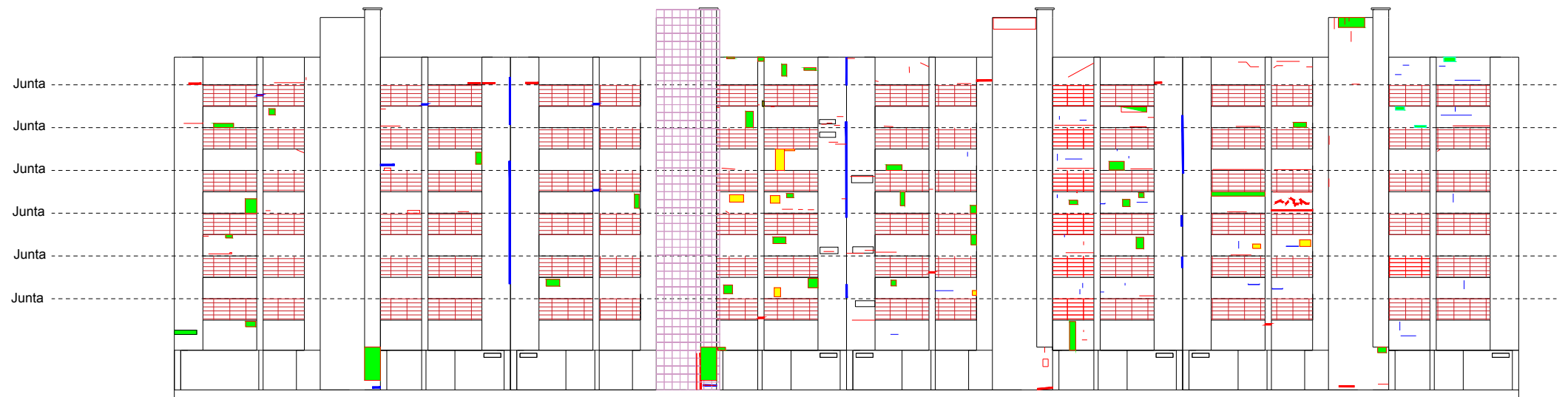
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C



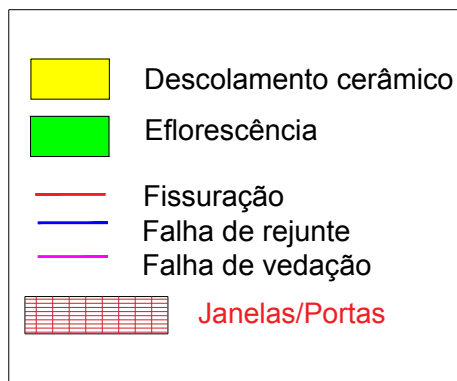
Fachada Posterior A2.P1



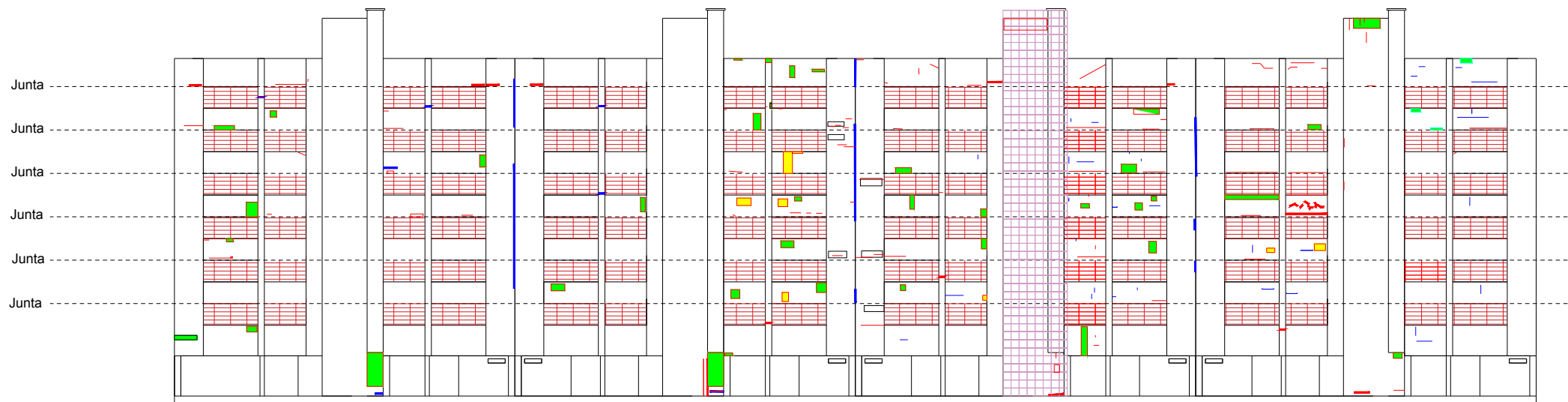
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C



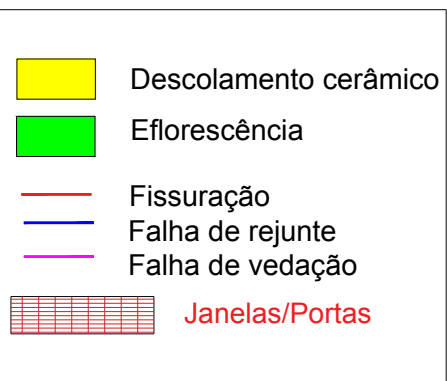
Fachada Posterior A2.P2

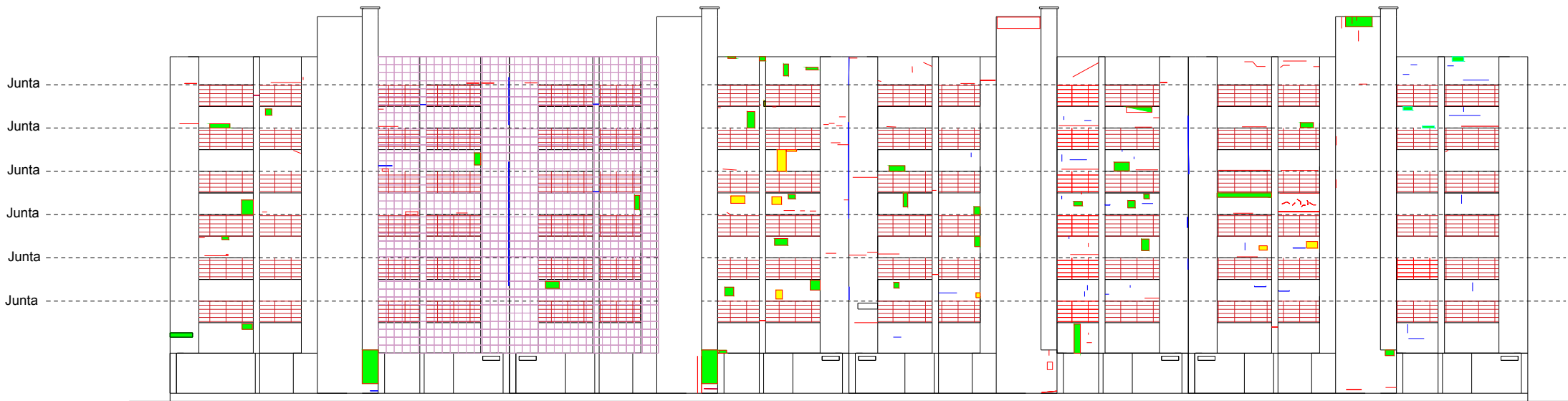


EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C

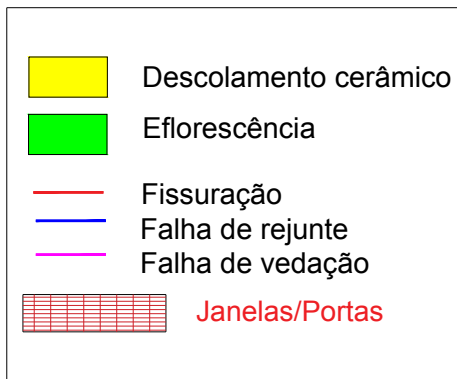


Fachada Posterior A2.P3

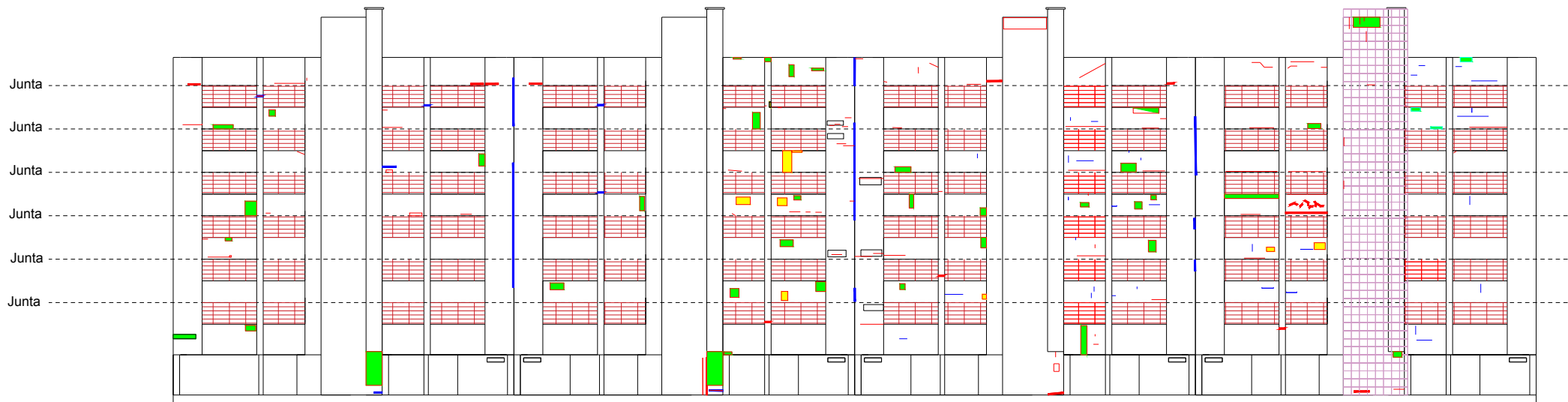




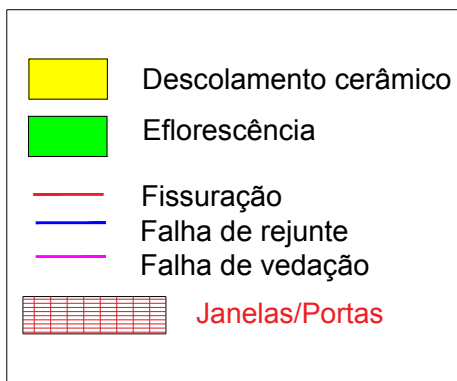
Fachada Posterior A2.P5



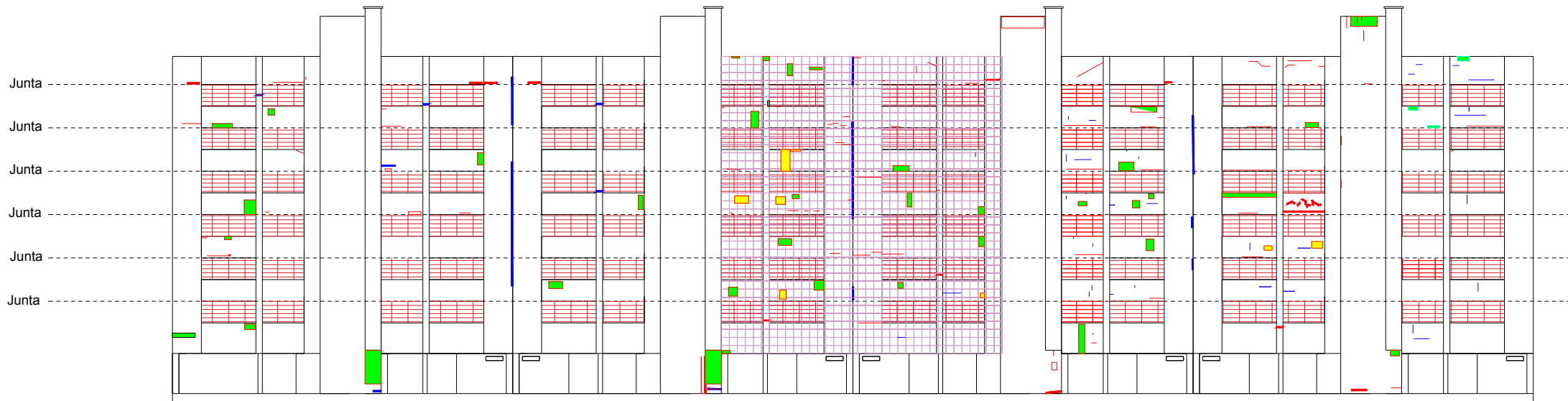
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C



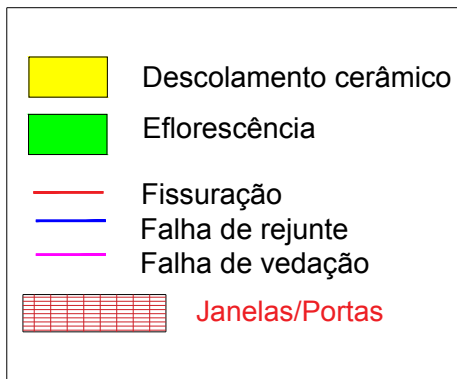
Fachada Posterior A2.P4



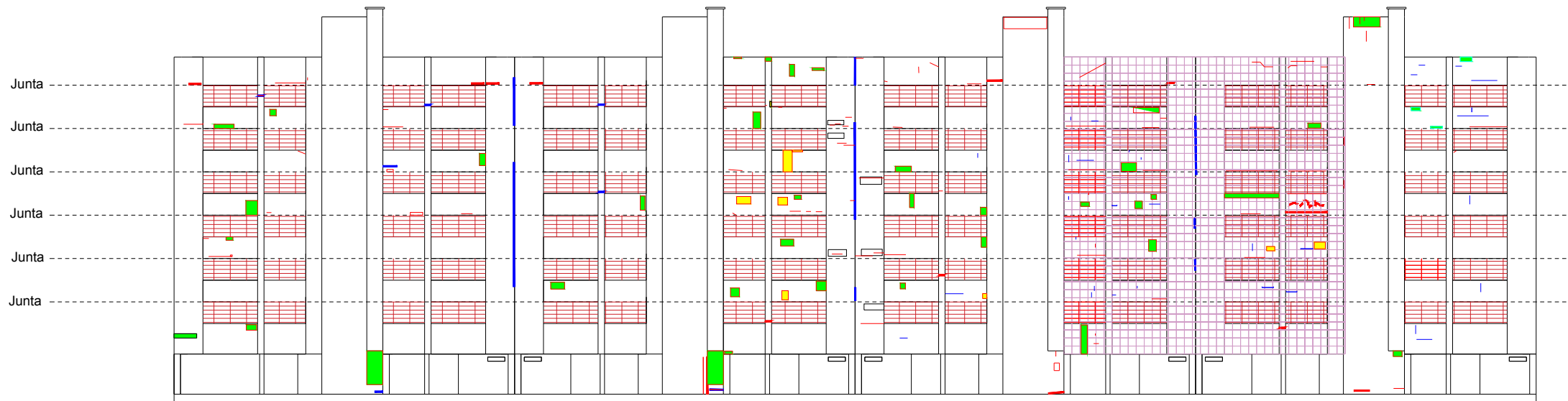
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C



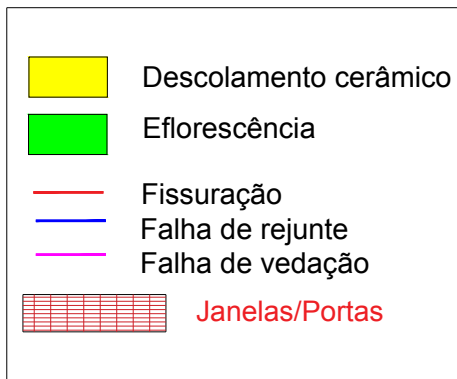
Fachada Posterior A2.P6



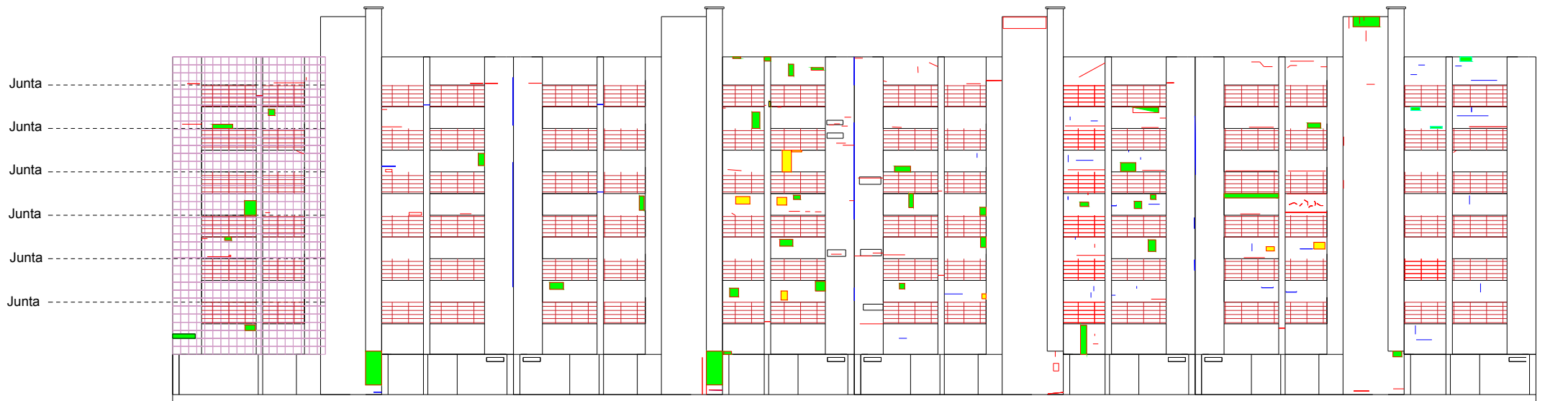
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C



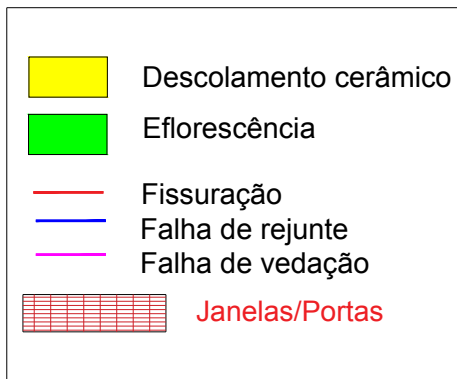
Fachada Posterior A2.P7



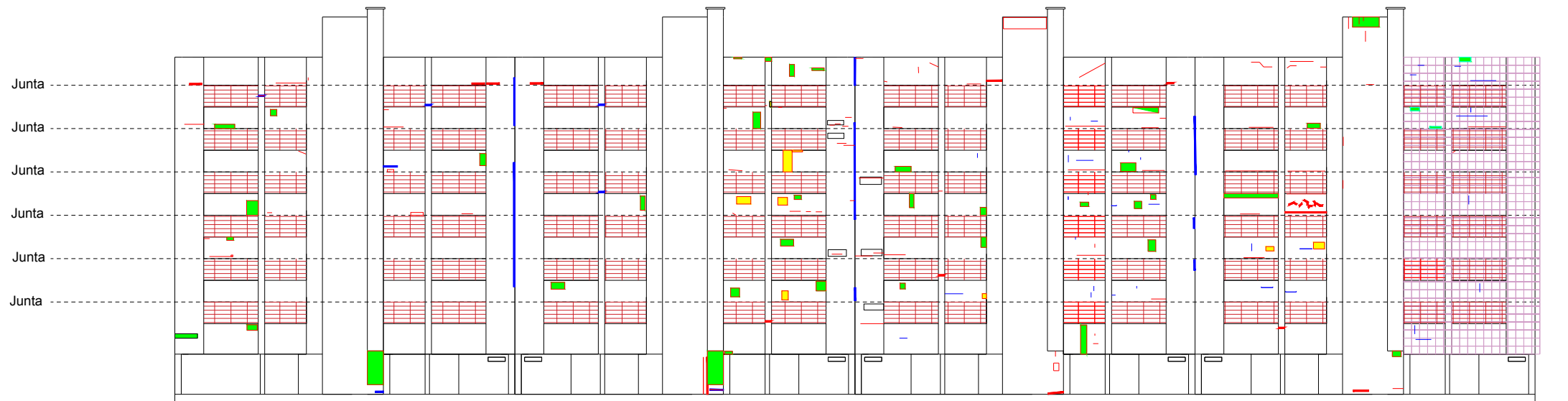
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C



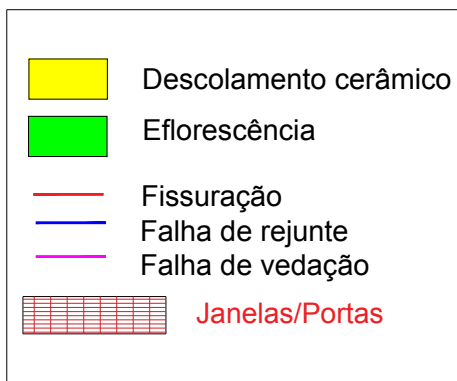
Fachada Posterior A2.P8



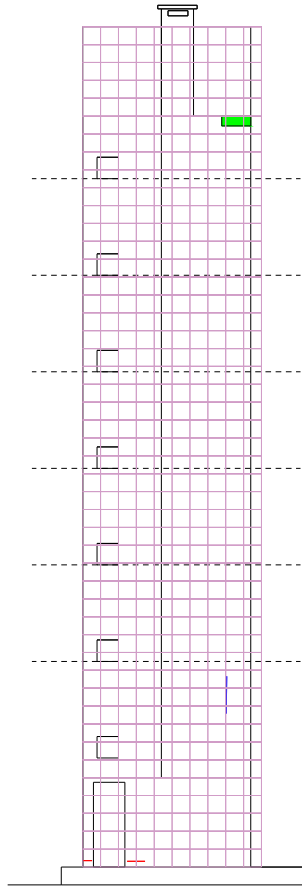
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C



Fachada Posterior A2.P9

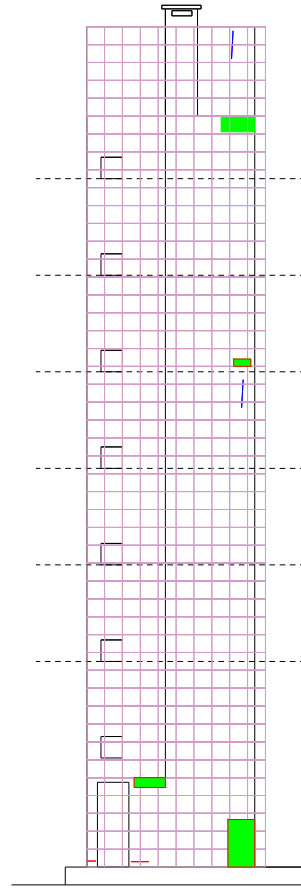


Caixa de escada 1



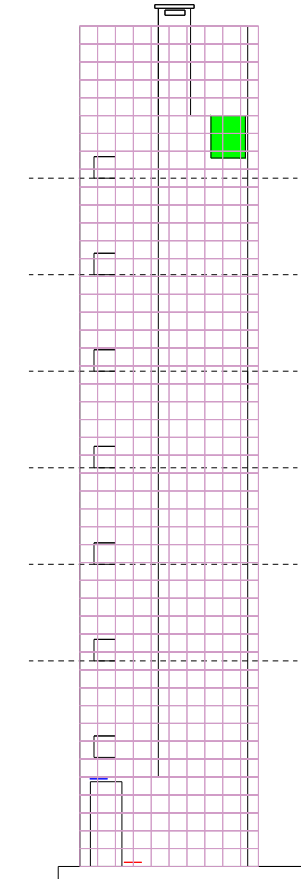
A2.P10

Caixa de escada 2



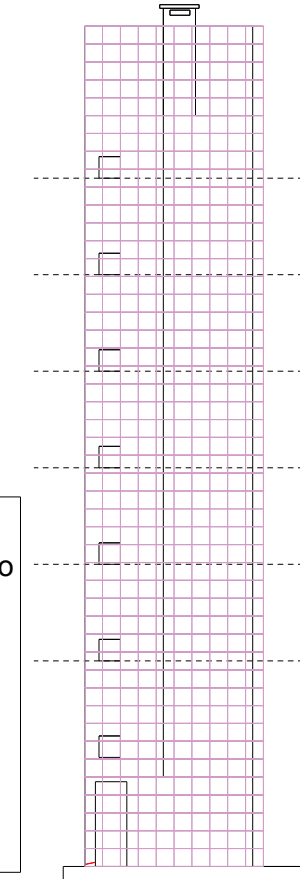
A2.P11

Caixa de escada 3

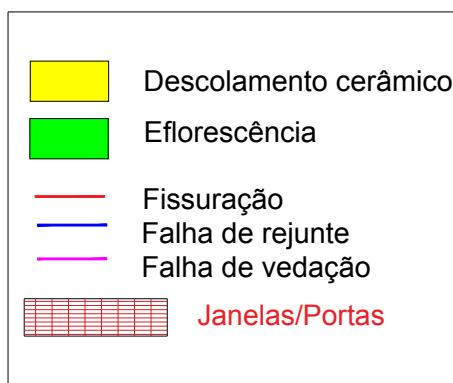


A2.P12

Caixa de escada 4

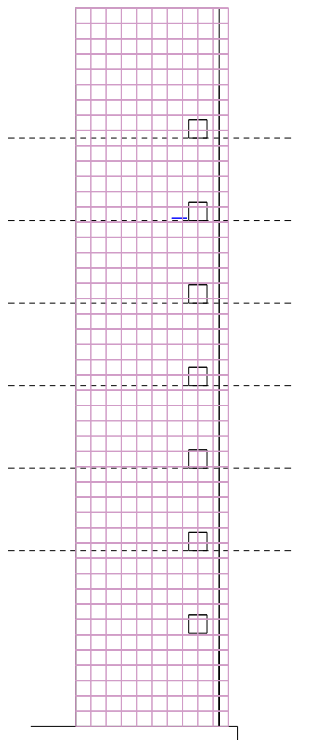


A2.P13



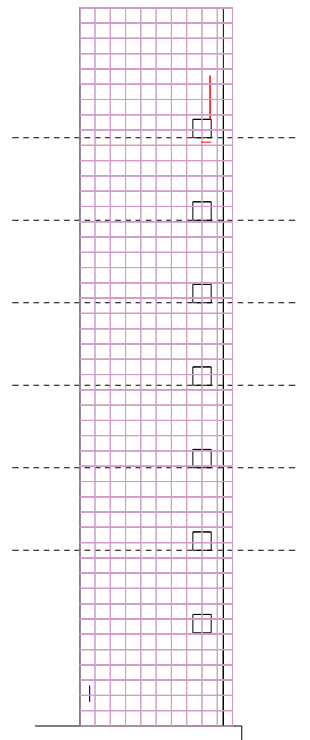
A2.P14

Caixa de escada 1



A2.P15

Caixa de escada 2

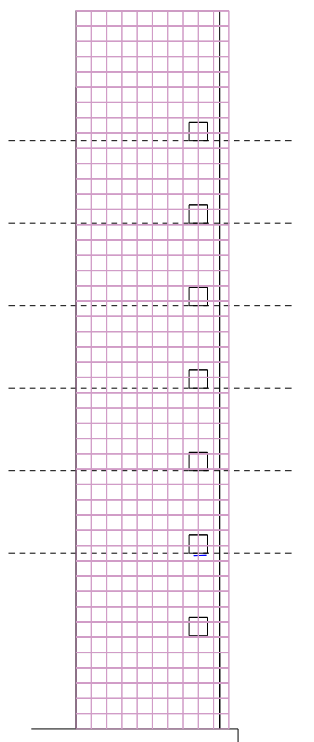


Caixa de escada 1

Caixa de escada 2

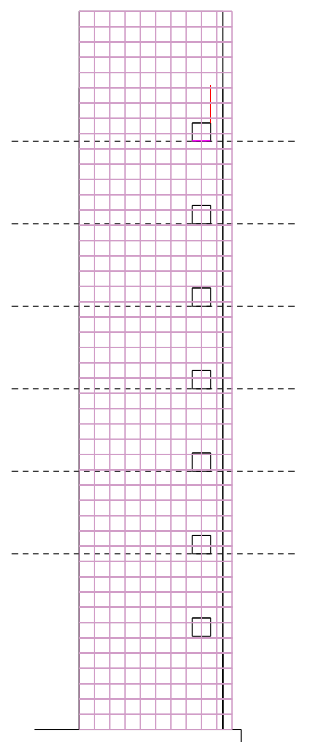
A2.P16







Caixa de escada 3



A2.P17

Caixa de escada 4



	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Janelas/Portas

Caixa de escada 3

Caixa de escada 4

EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C

Caixa de escada 4

Caixa de escada 3

Caixa de escada 2

Caixa de escada 1



Fachada Anterior A2.P18

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Janelas/Portas

EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C

Caixa de escada 4

Caixa de escada 3

Caixa de escada 2

Caixa de escada 1



Fachada Anterior A2.P19

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Janelas/Portas

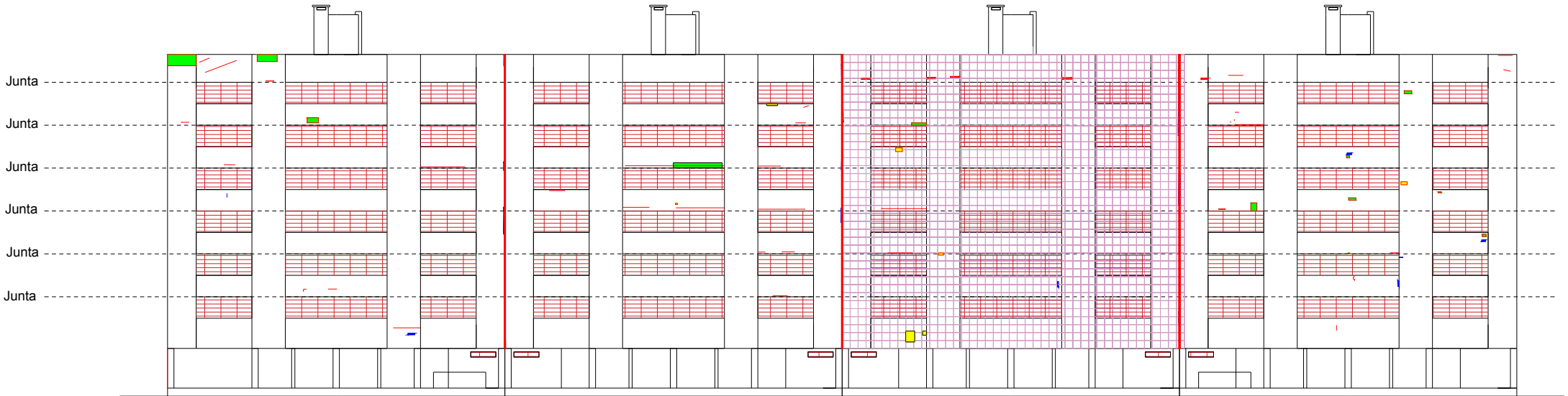
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C

Caixa de escada 4

Caixa de escada 3

Caixa de escada 2

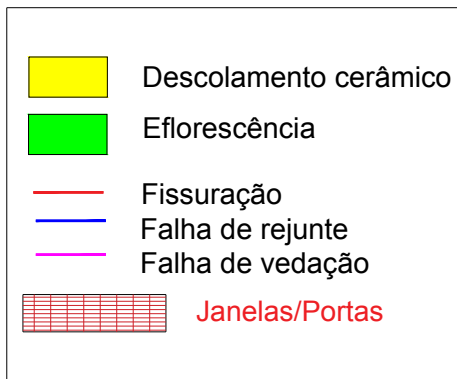
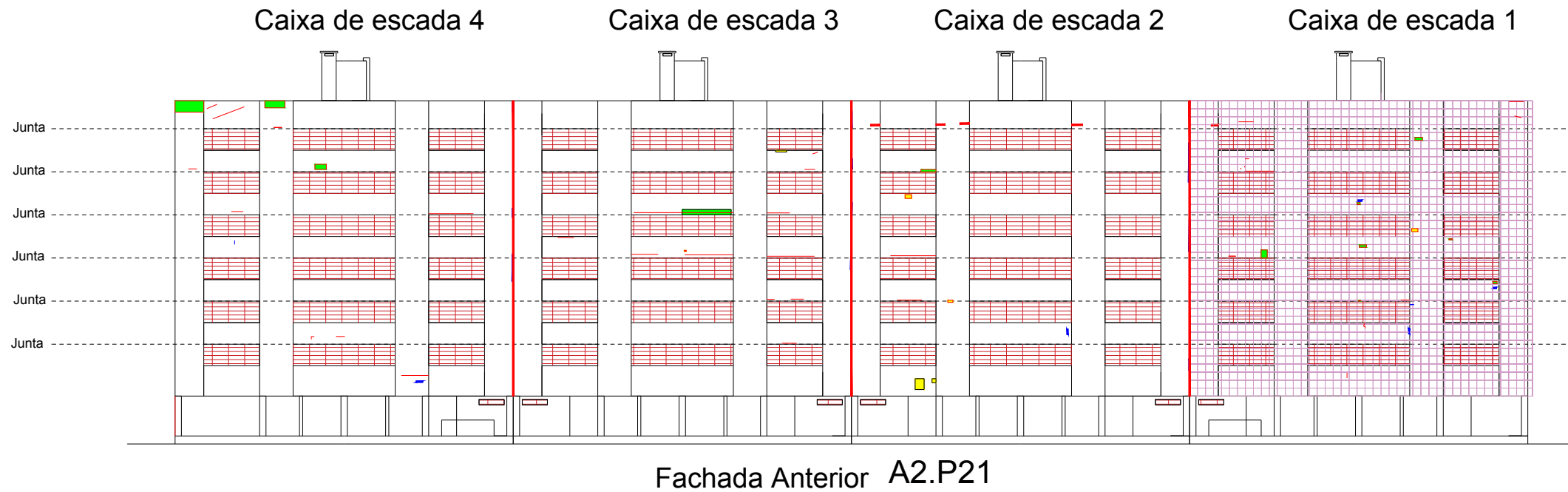
Caixa de escada 1

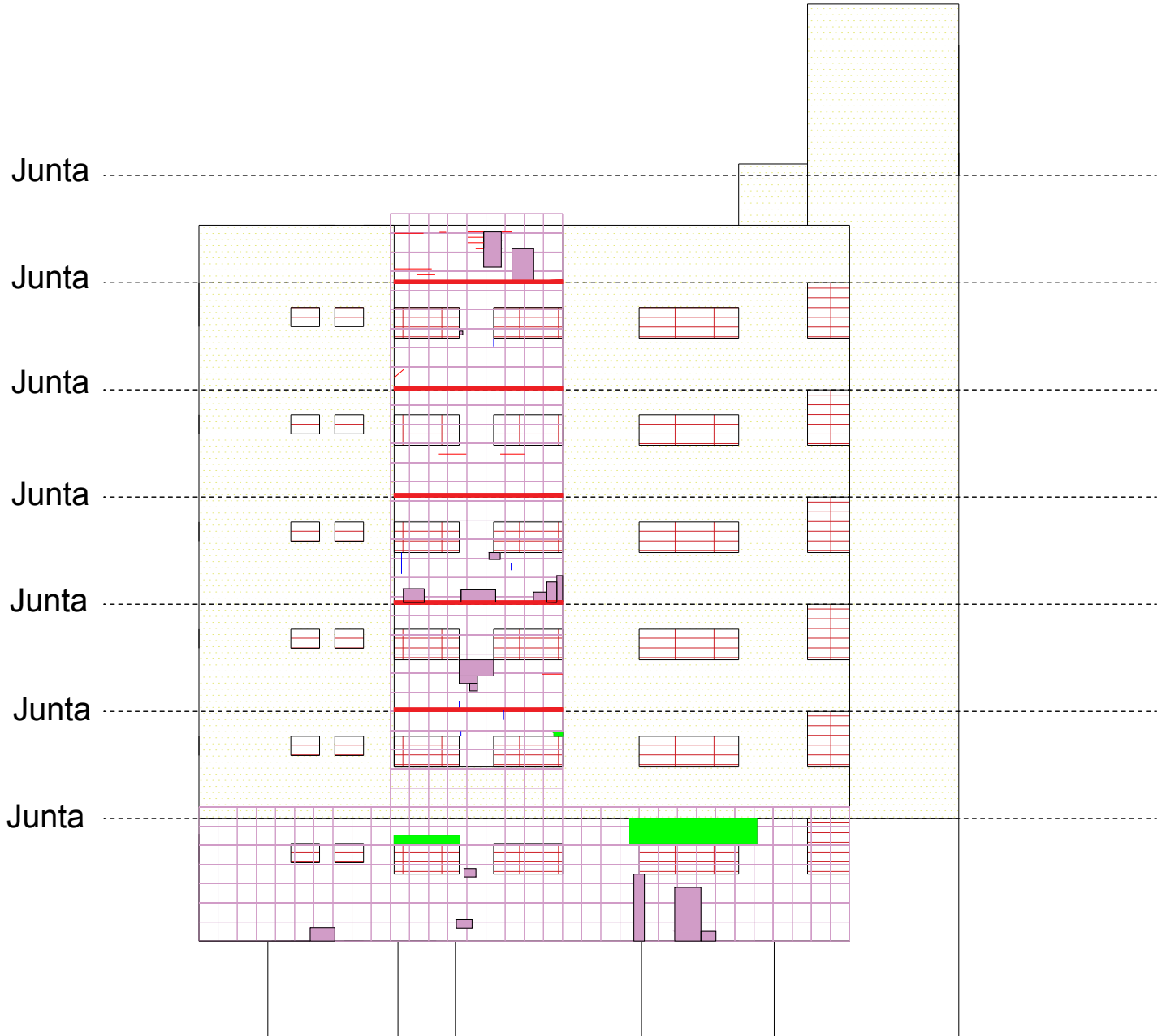


Fachada Anterior A2.P20

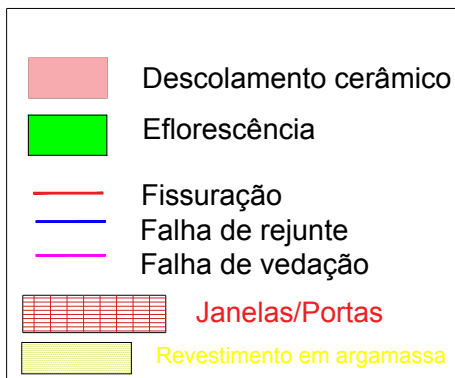
-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  Janelas/Portas

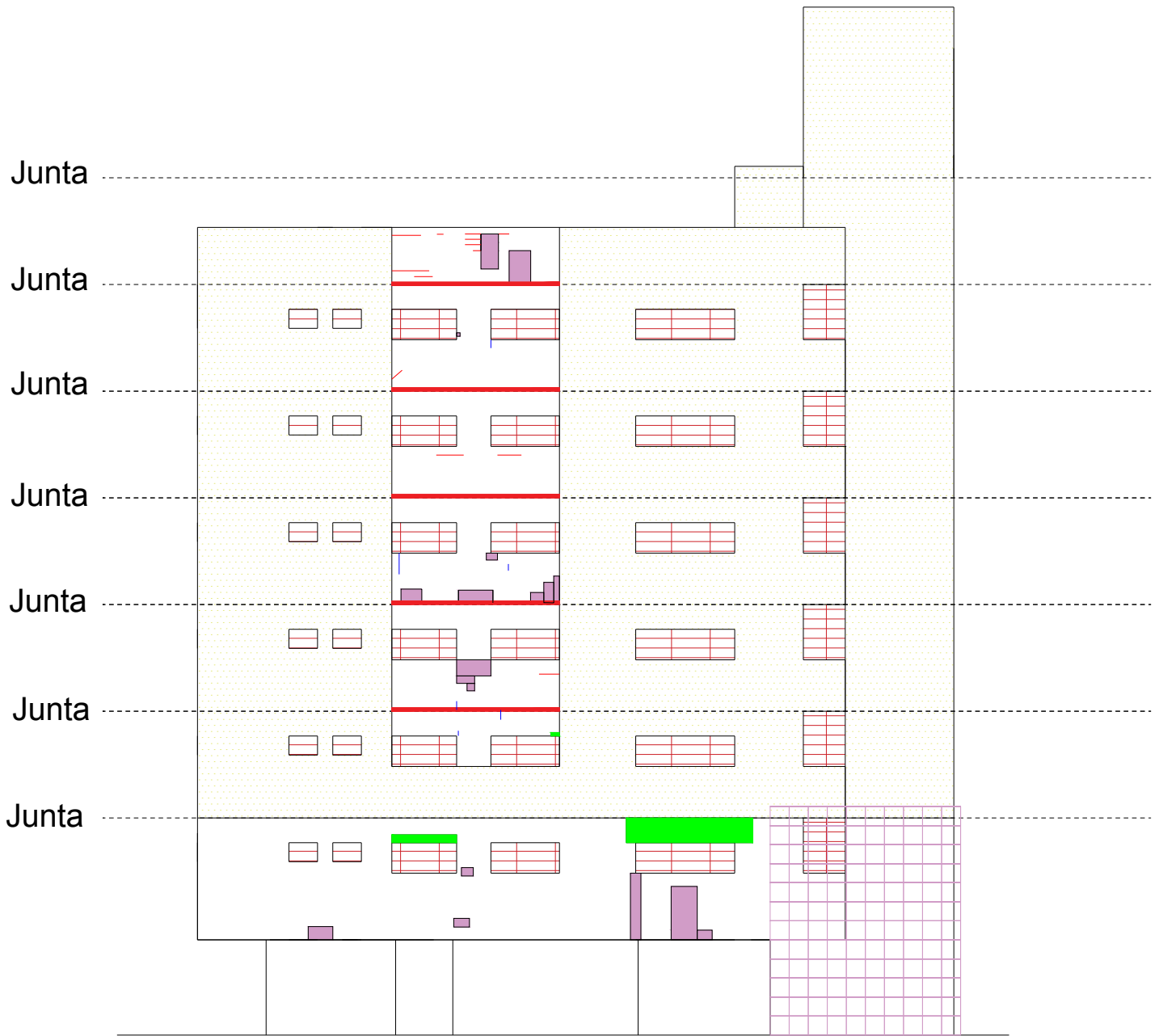
EDIFÍCIO A2 - 115N BLOCO C



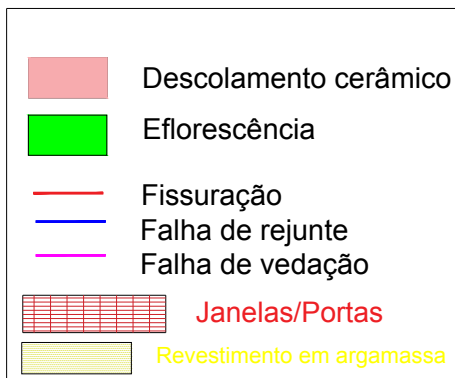


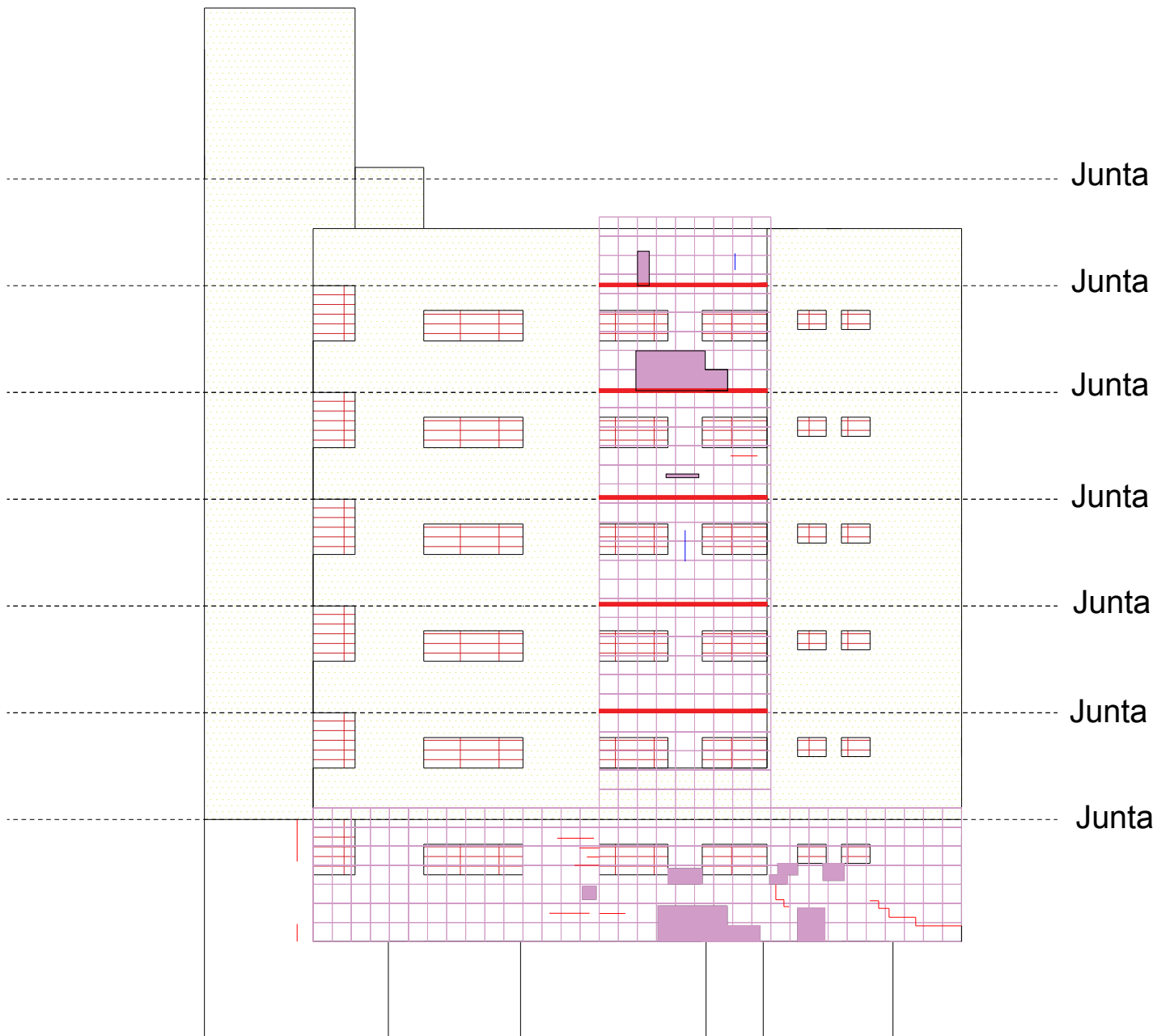
Empena Oeste A6.E1



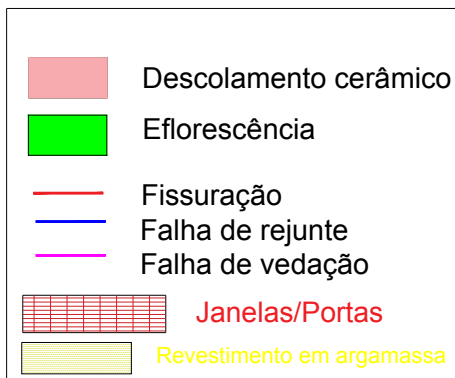


Empena Oeste A6.E2



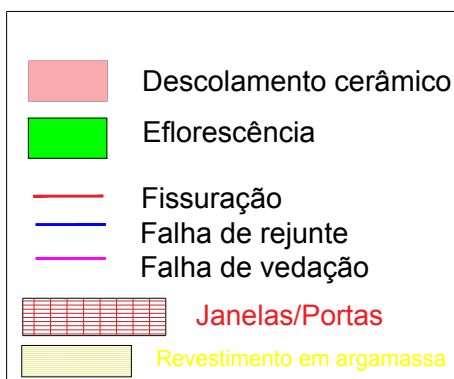


Empena Leste A6.E3





Empena Leste A6.E4

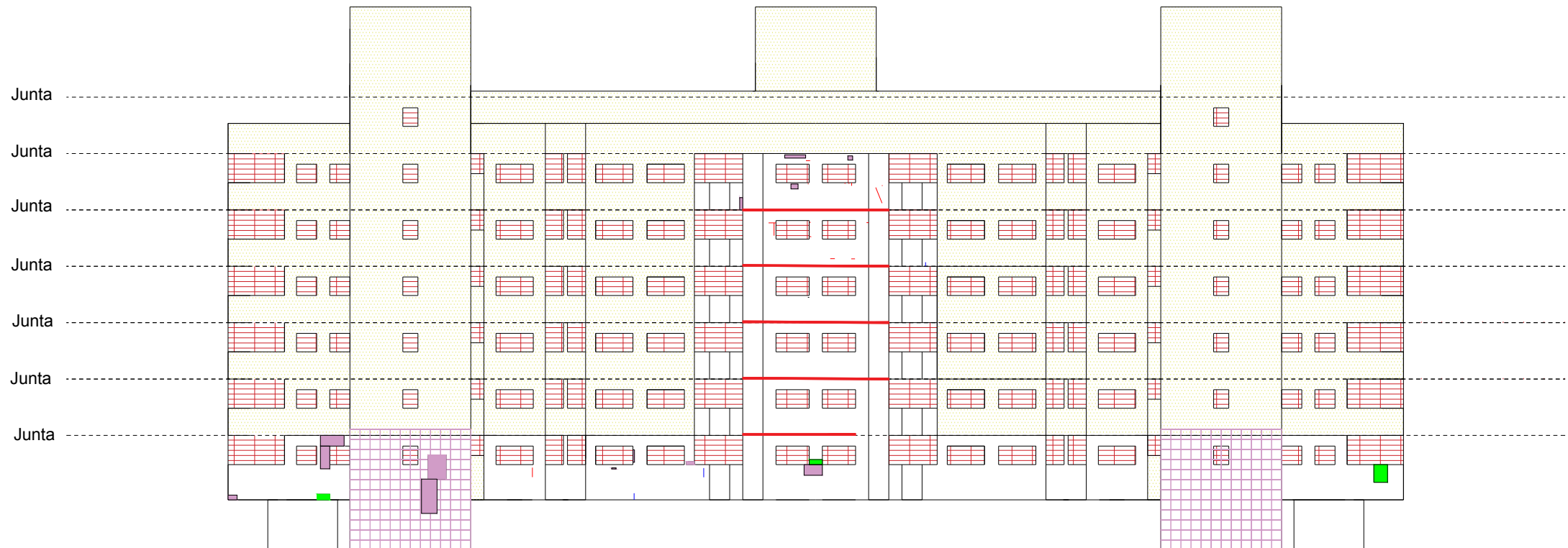











Fachada Sul A6.P1

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Janelas/Portas
	Revestimento em argamassa

EDIFÍCIO A3 - 310N BLOCO F










Fachada Sul A6.P2

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Janelas/Portas
	Revestimento em argamassa










Fachada Norte A6.P3

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Janelas/Portas
	Revestimento em argamassa










Fachada Norte A6.P4

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Janelas/Portas
	Revestimento em argamassa



Fachada Norte A6.P5

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	Janelas/Portas
	Revestimento em argamassa



	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	AMOSTRA
	SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
	DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
	SEM REVESTIMENTO

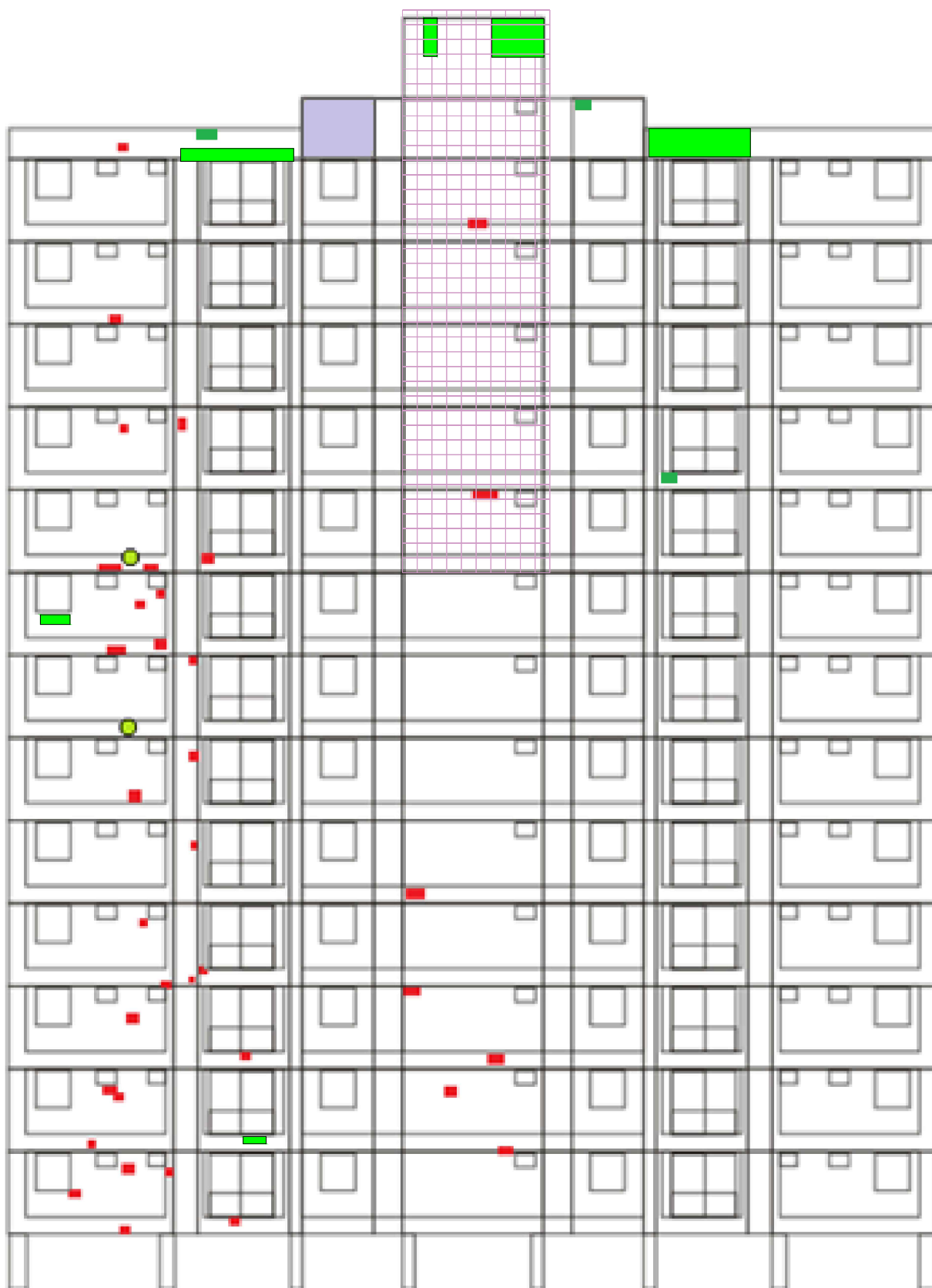
A5.P1












- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO

A5.P2

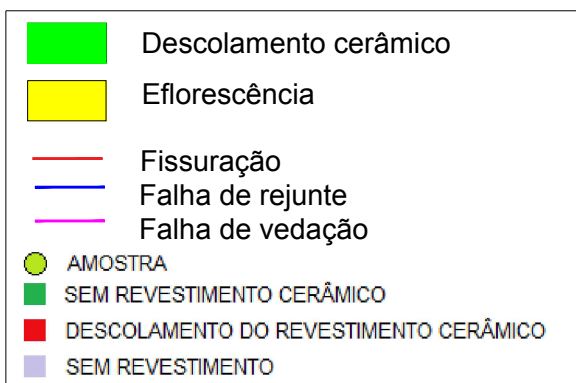
EDIFÍCIO A4 - SAMAMBAIA TORRE A



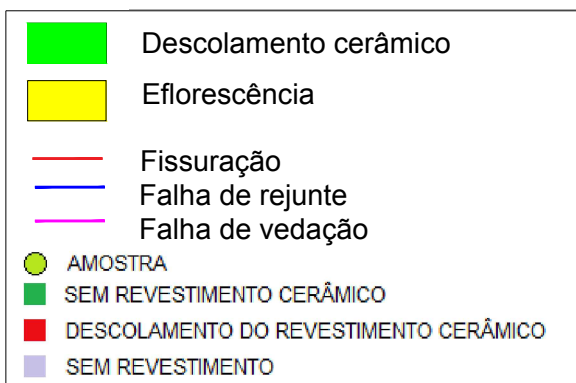
-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  AMOSTRA
-  SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
-  DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
-  SEM REVESTIMENTO

A5.P3

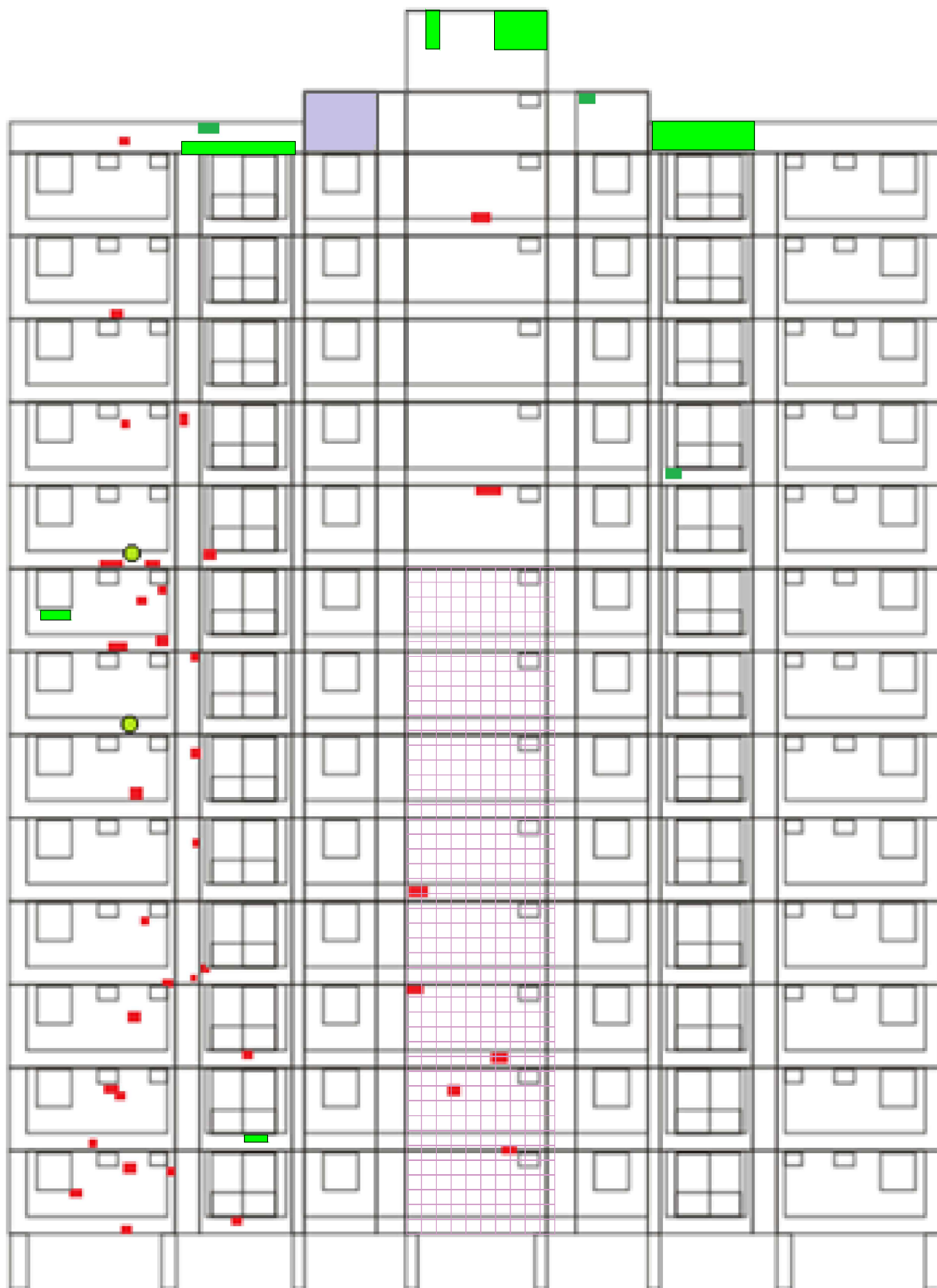
EDIFÍCIO A4 - SAMAMBAIA TORRE A



A5.P4

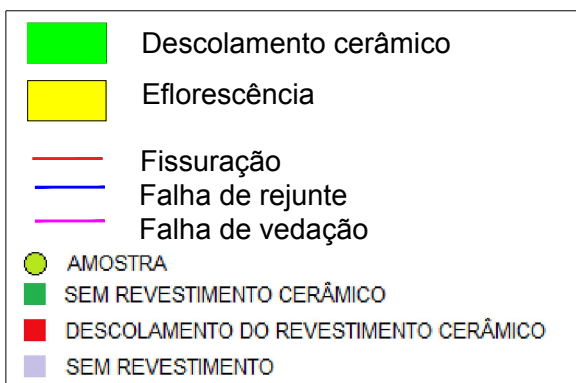
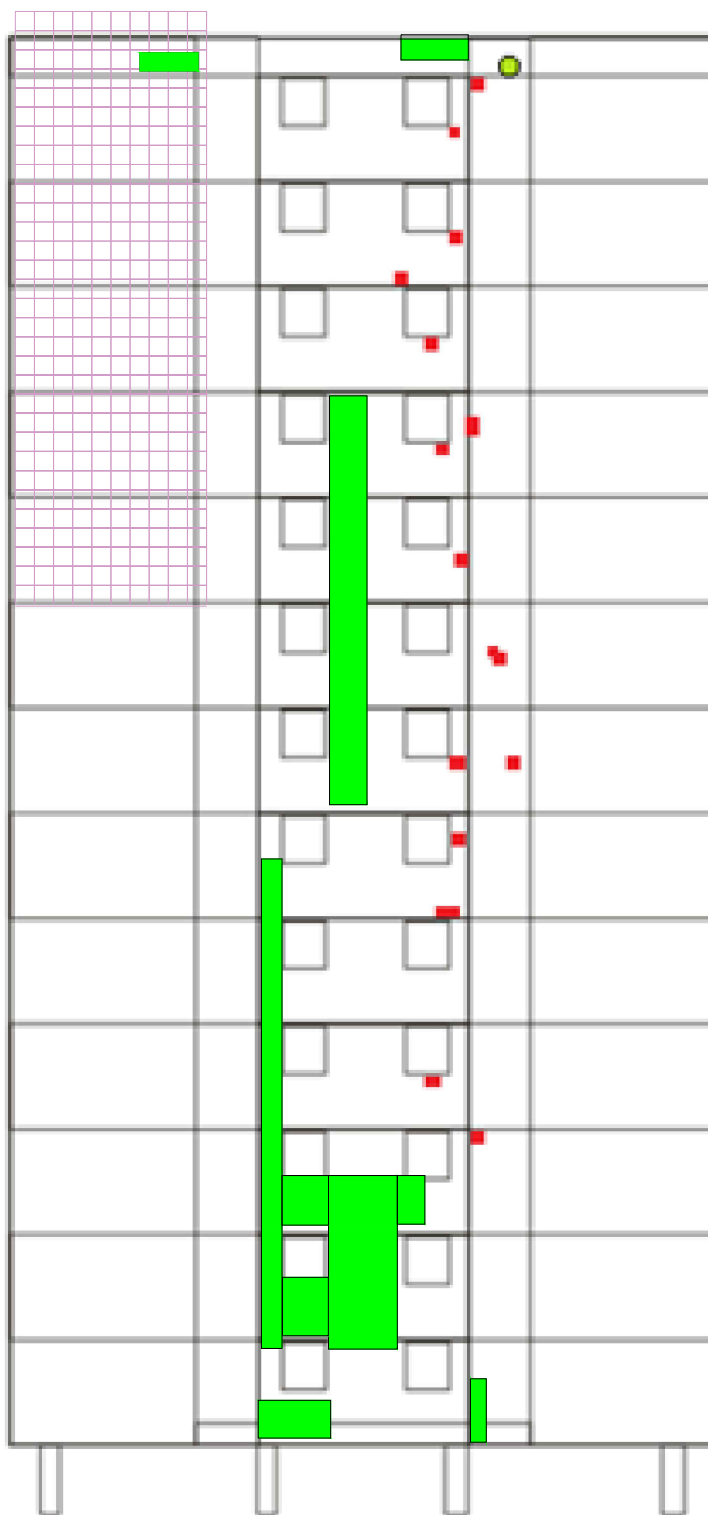


A5.P5

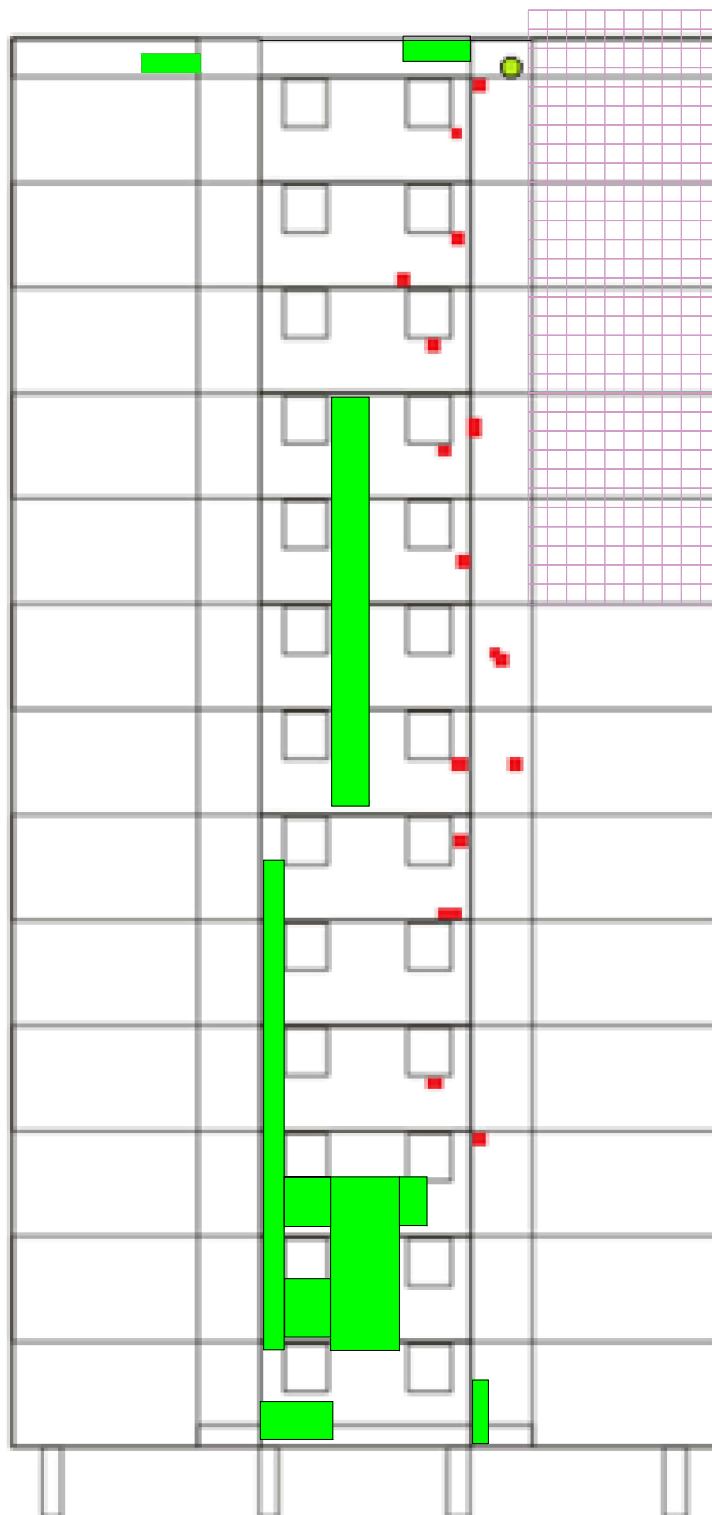


- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO

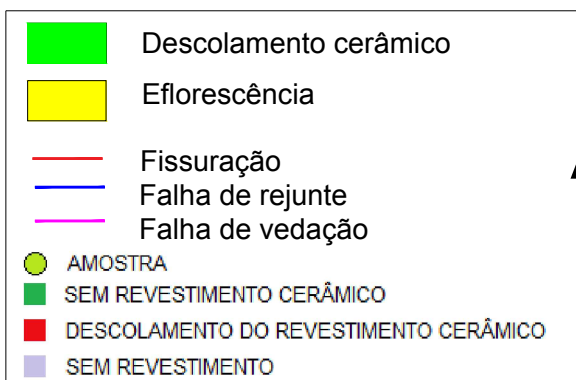
A5.P6

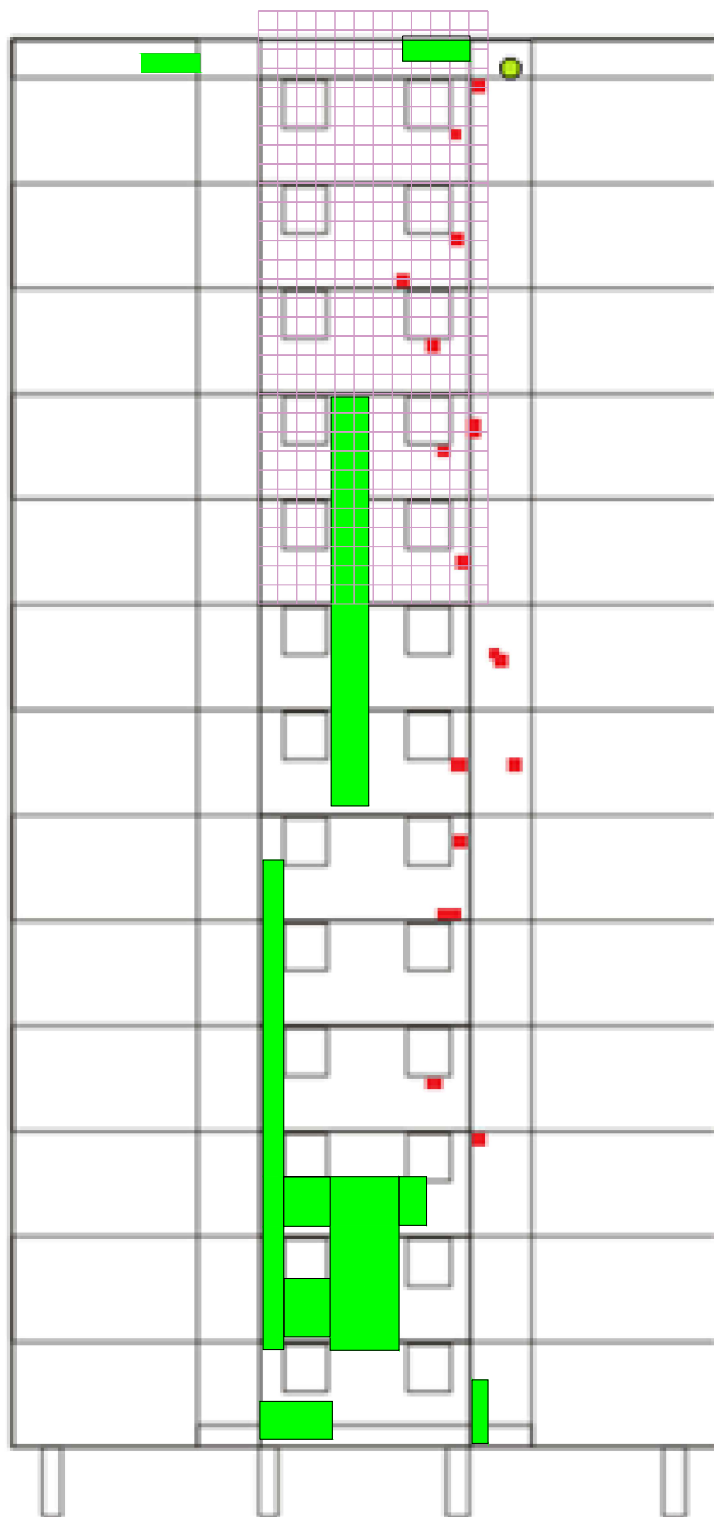


A5.E1



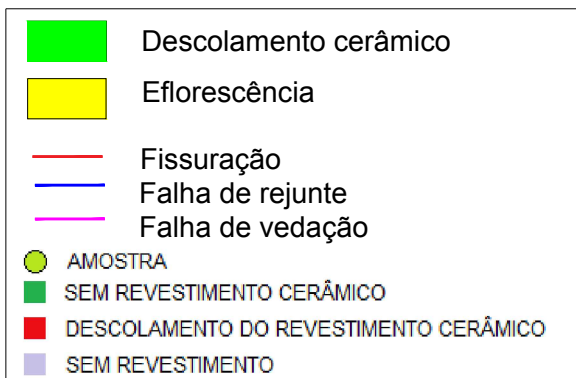
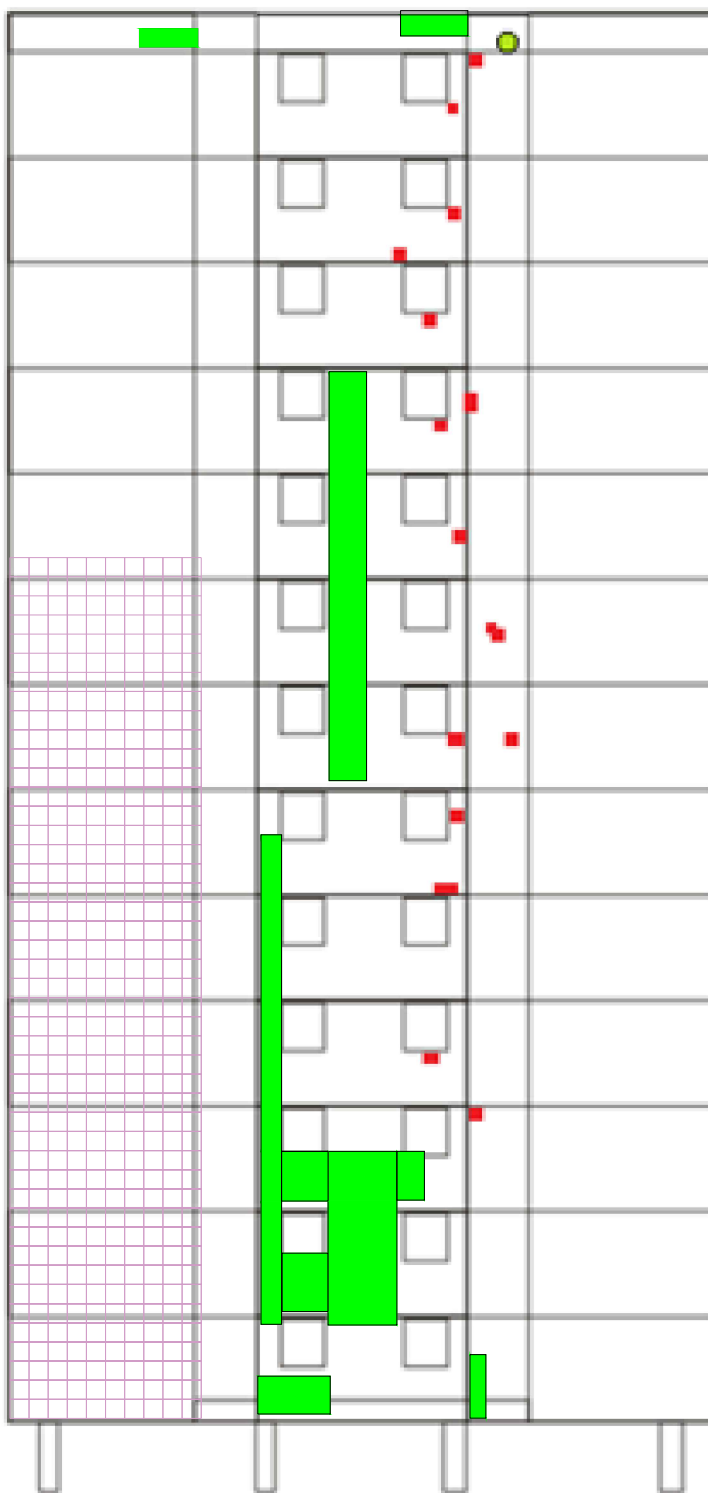
A5.E2



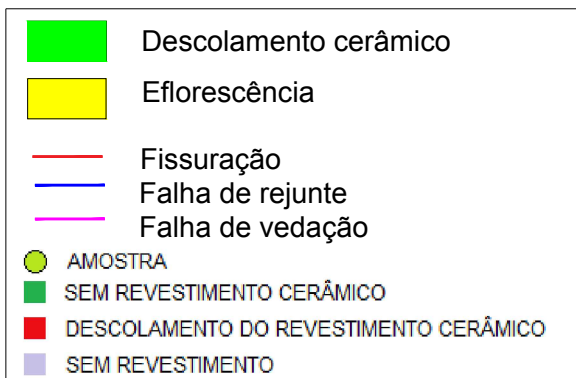
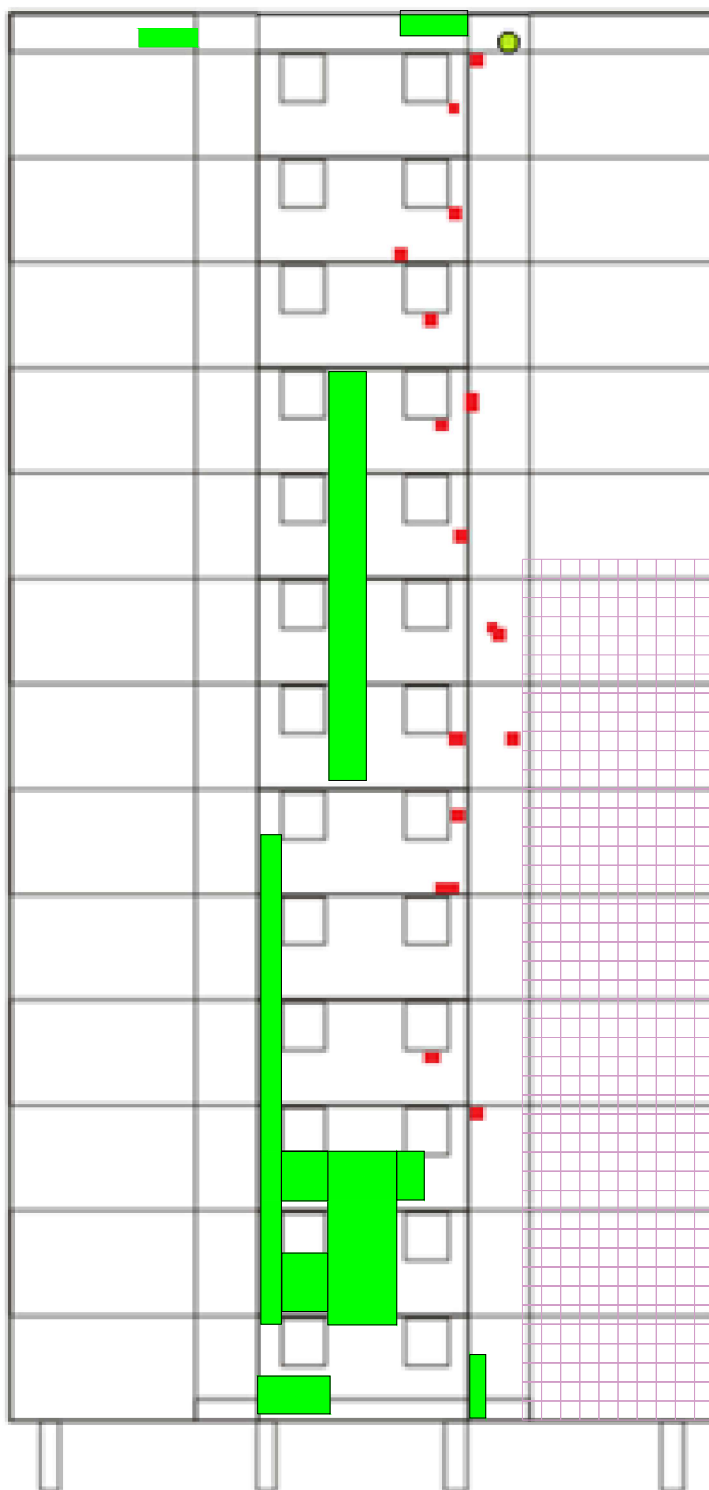


A5.E3

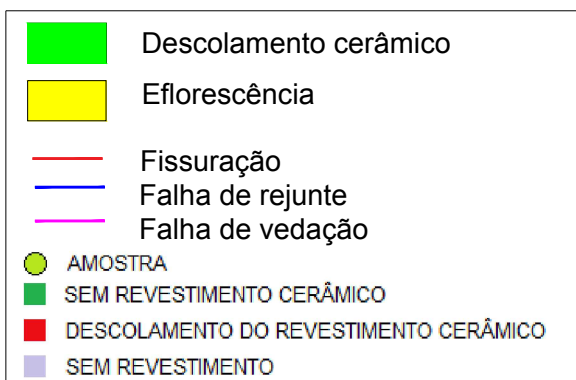
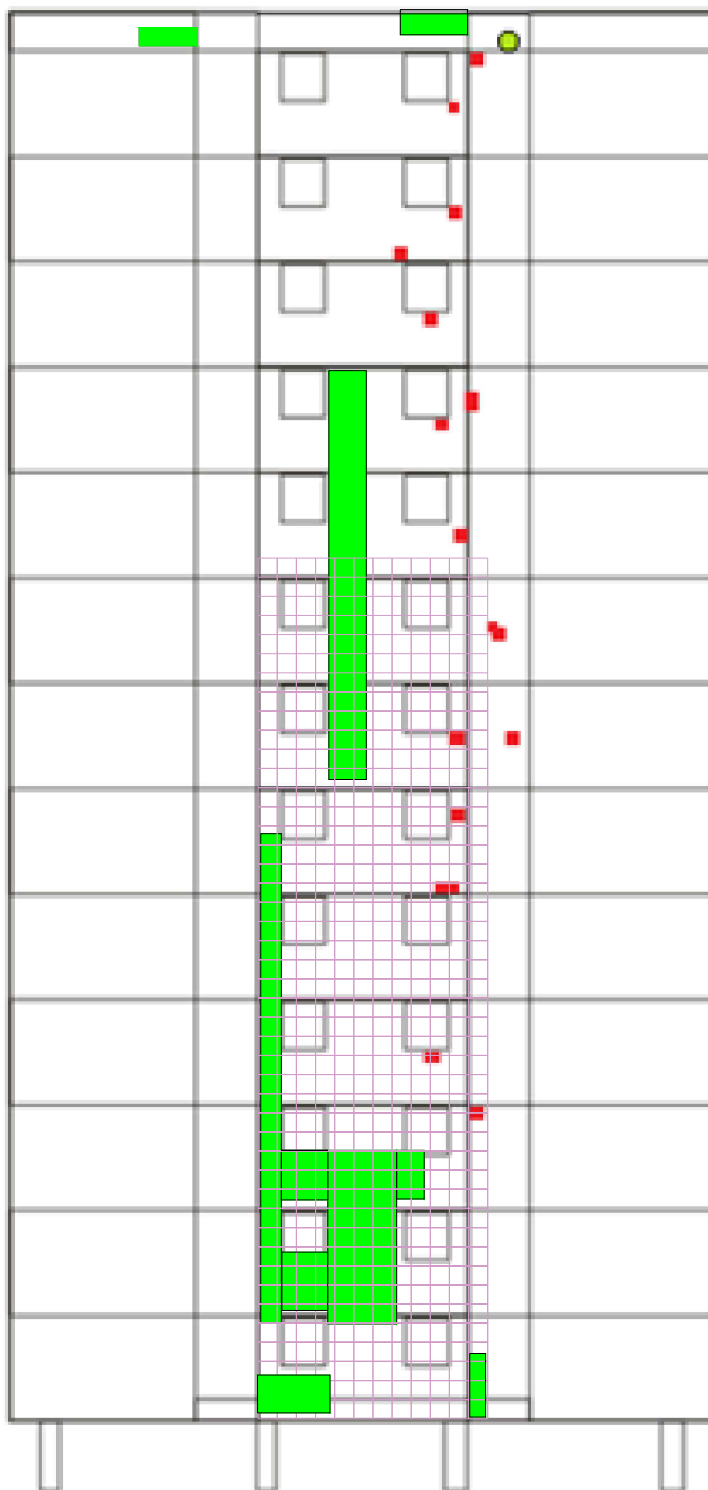
- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO



A5.E4



A5.E5



A5.E6



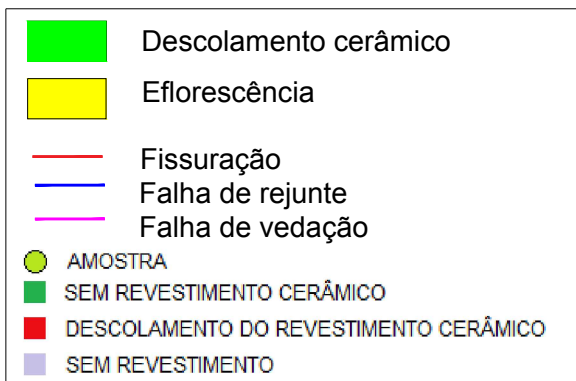
- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO

A5.P7



- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO

A5.P8

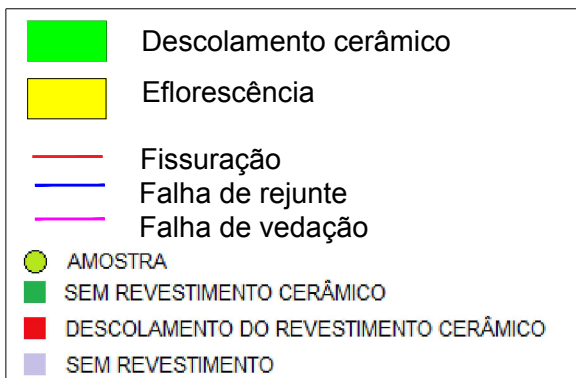


A5.P9












- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO

A5.P10

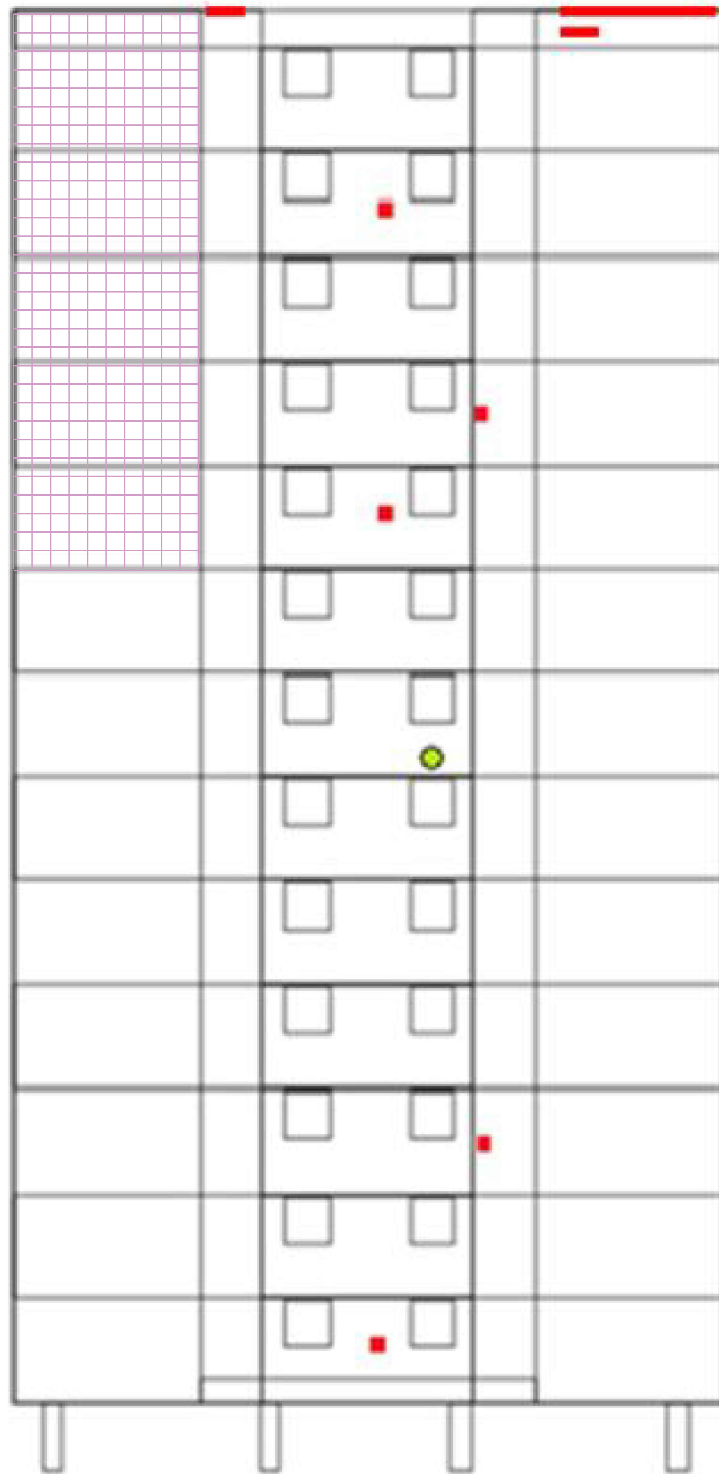











A5.P11



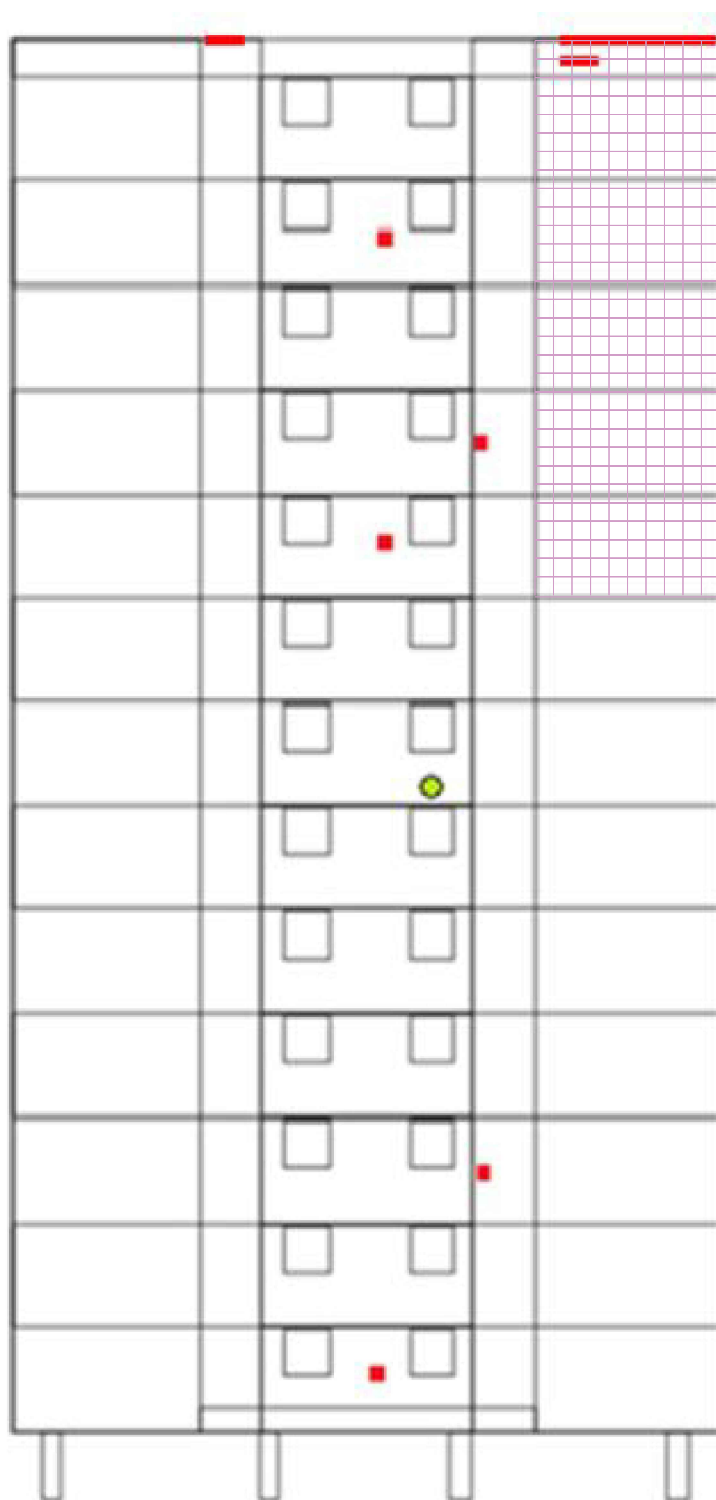
-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  AMOSTRA
-  SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
-  DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
-  SEM REVESTIMENTO










A5.P12



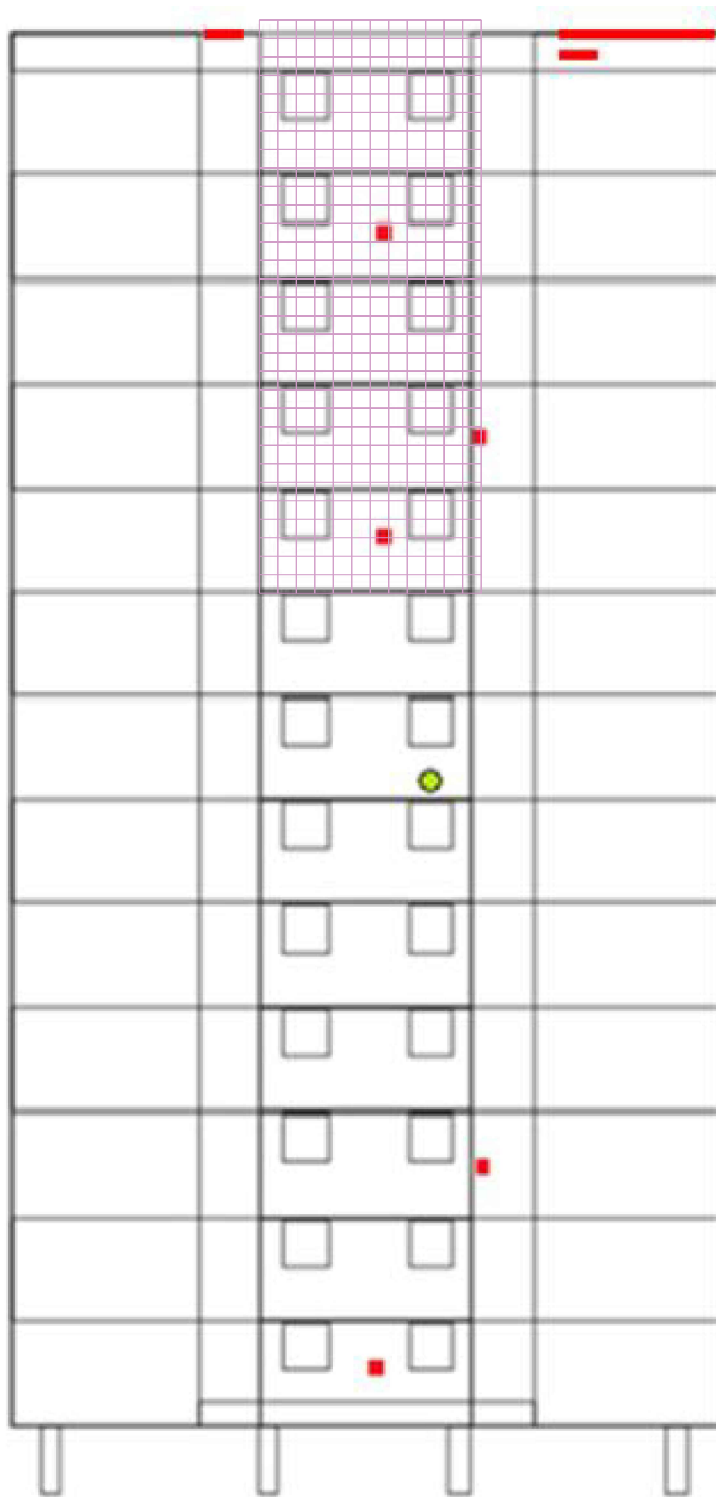
	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	AMOSTRA
	SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
	DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
	SEM REVESTIMENTO










A5.E7



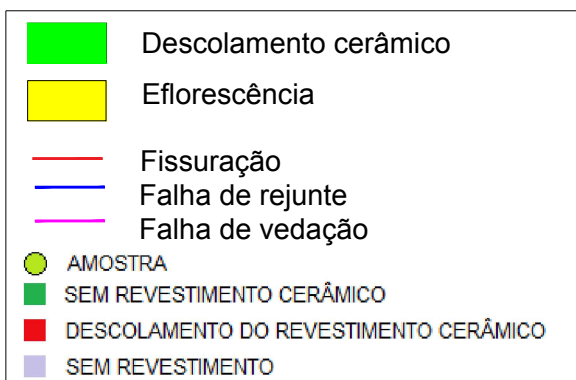
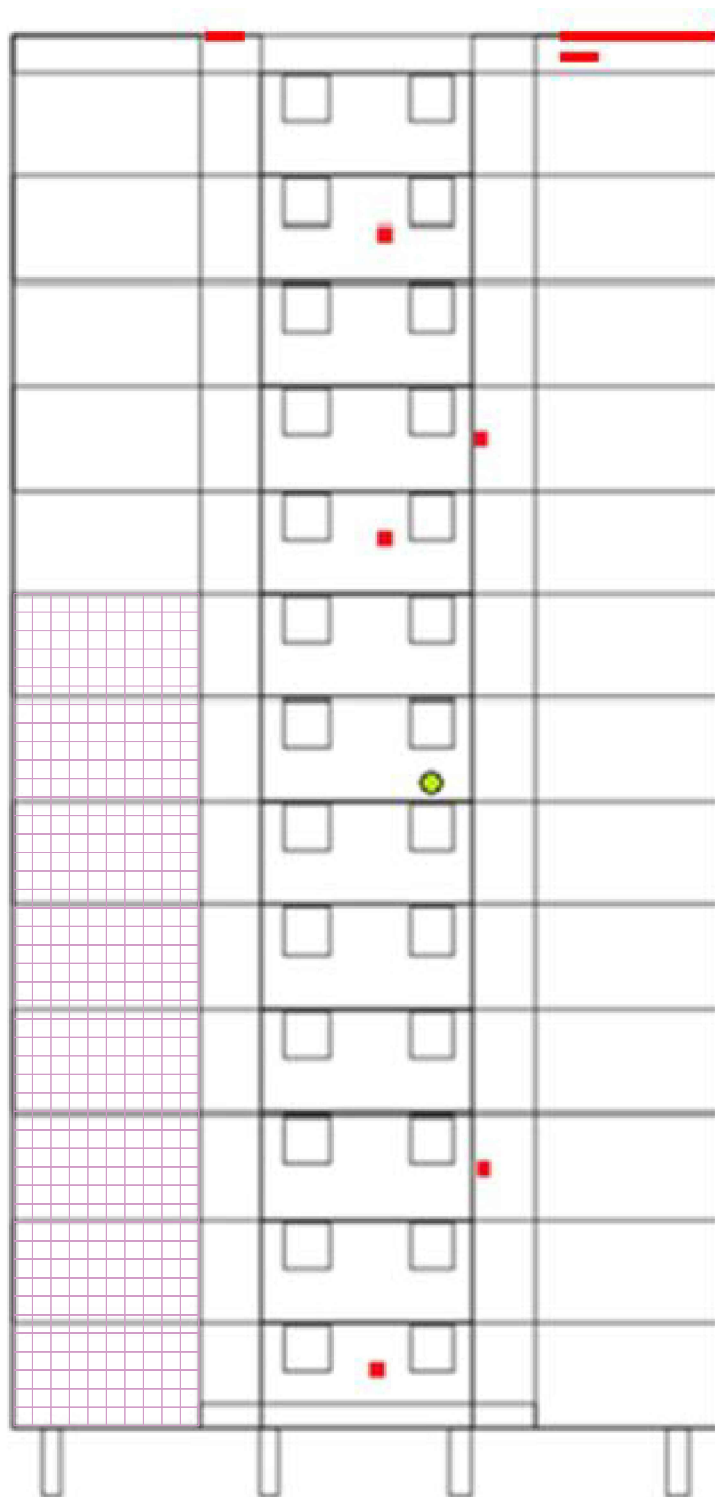
	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	AMOSTRA
	SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
	DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
	SEM REVESTIMENTO

A5.E8



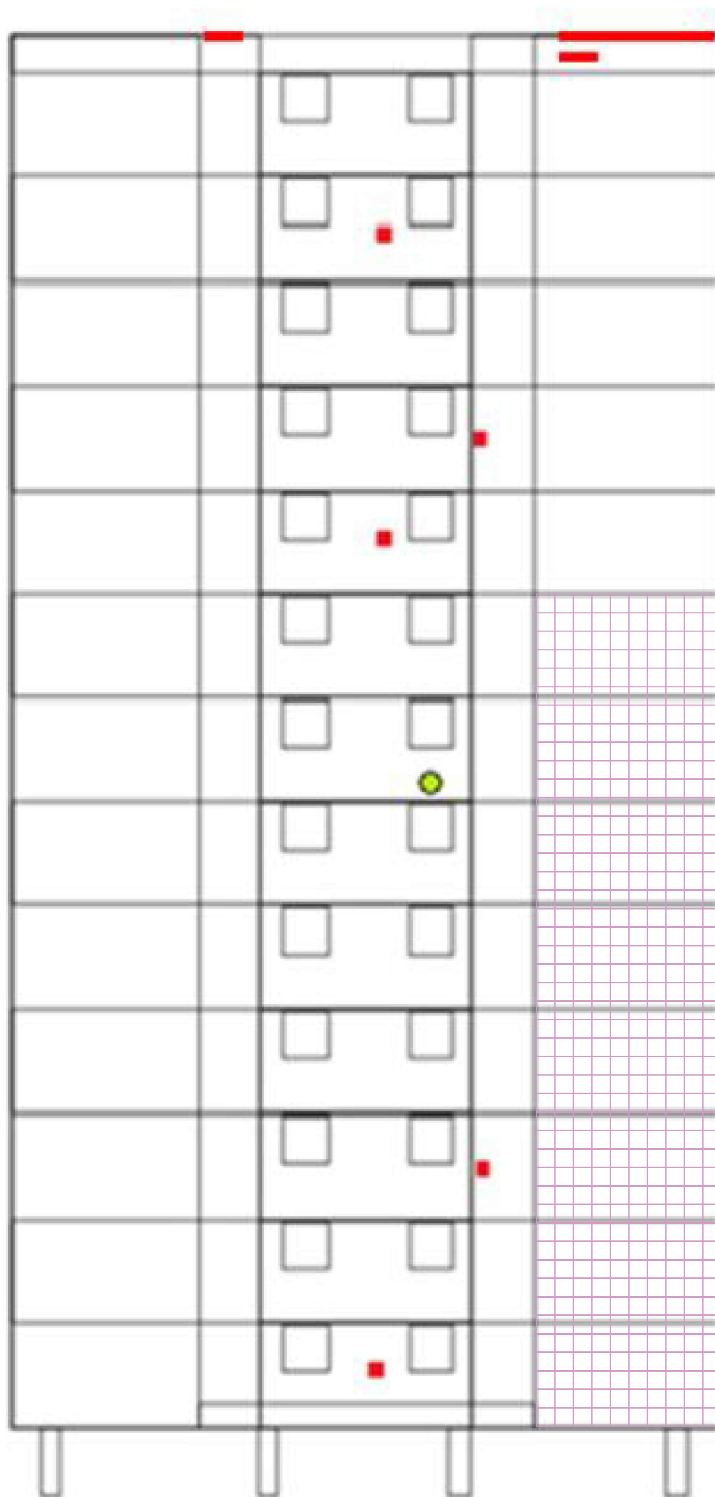
	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	AMOSTRA
	SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
	DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
	SEM REVESTIMENTO










A5.E9



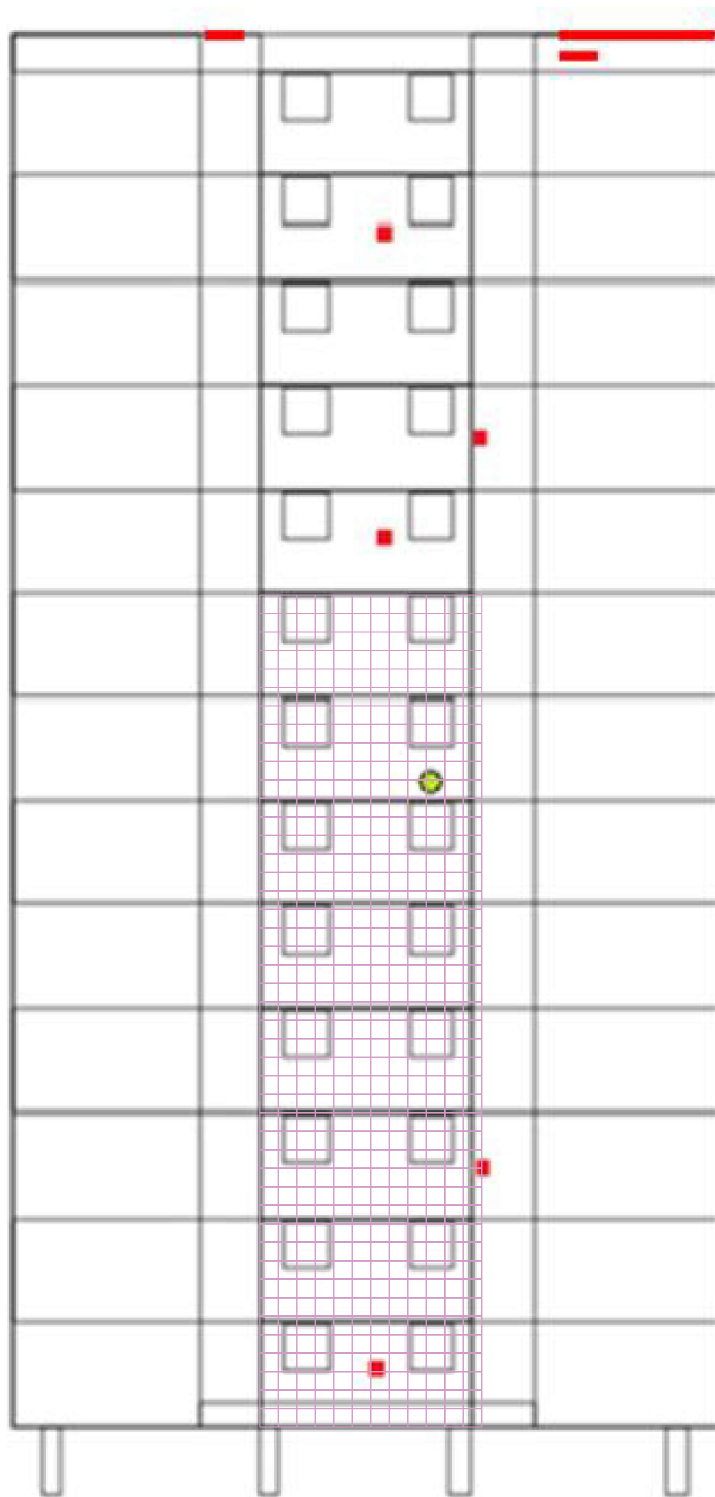
A5.E10










EDIFÍCIO A4 - SAMAMBAIA TORRE A



	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	AMOSTRA
	SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
	DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
	SEM REVESTIMENTO

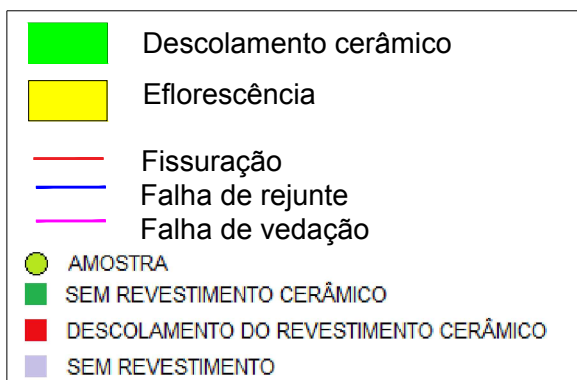
A5.E11



	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	AMOSTRA
	SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
	DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
	SEM REVESTIMENTO

A5.E12

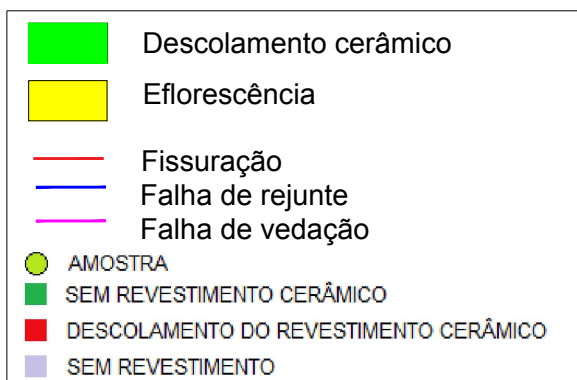
EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B



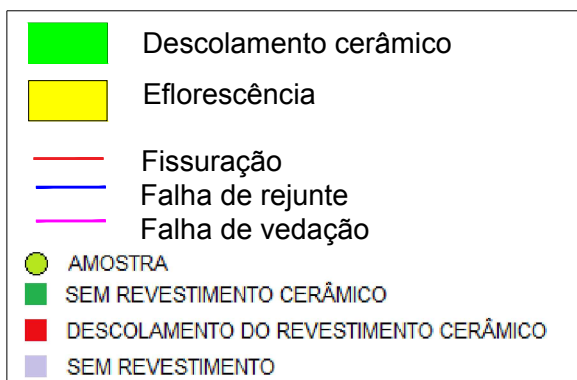
A5.P1



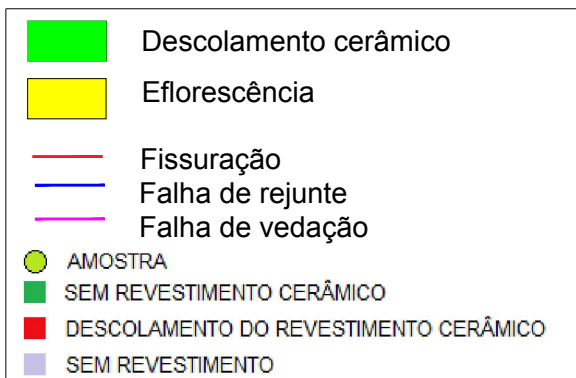
A5.P2



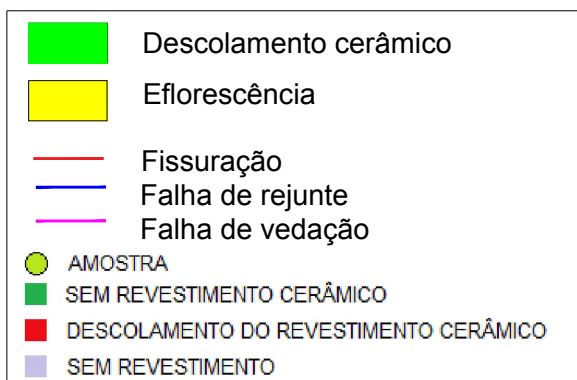
EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B



A5.P3



A5.P4



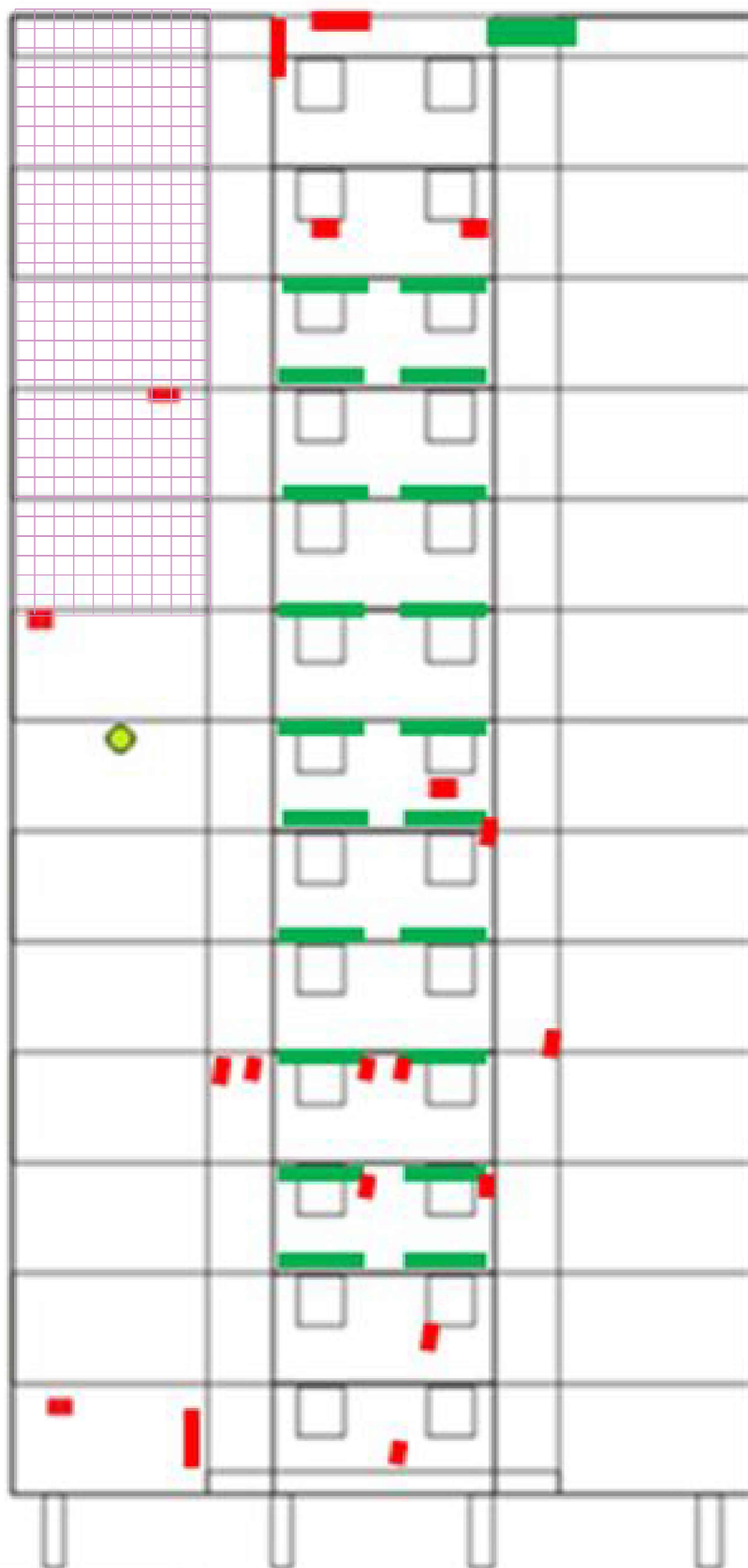
A5.P5












A5.P6

	Descolamento cerâmico
	Eflorescência
	Fissuração
	Falha de rejunte
	Falha de vedação
	AMOSTRA
	SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
	DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
	SEM REVESTIMENTO

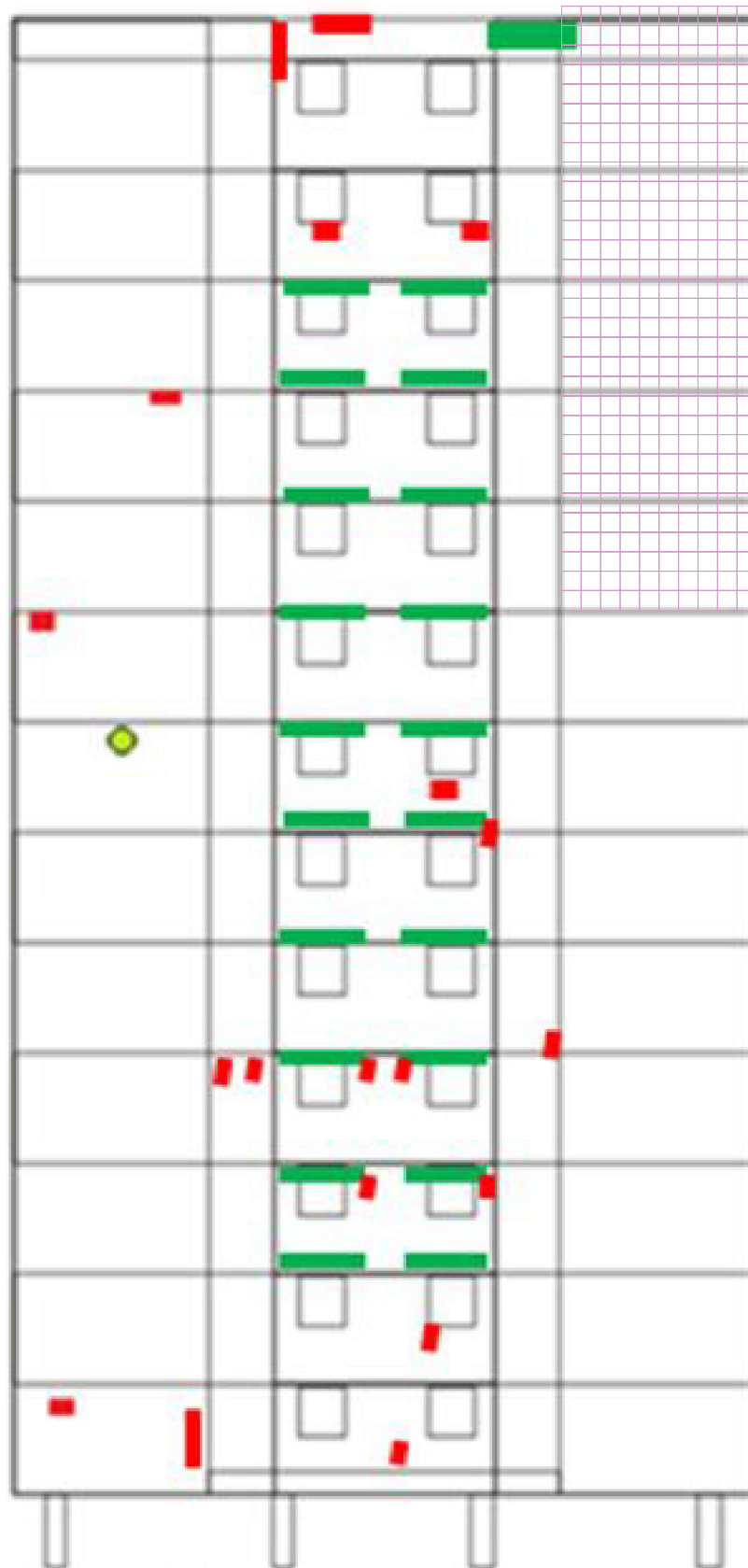
EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B



-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  AMOSTRA
-  SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
-  DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
-  SEM REVESTIMENTO

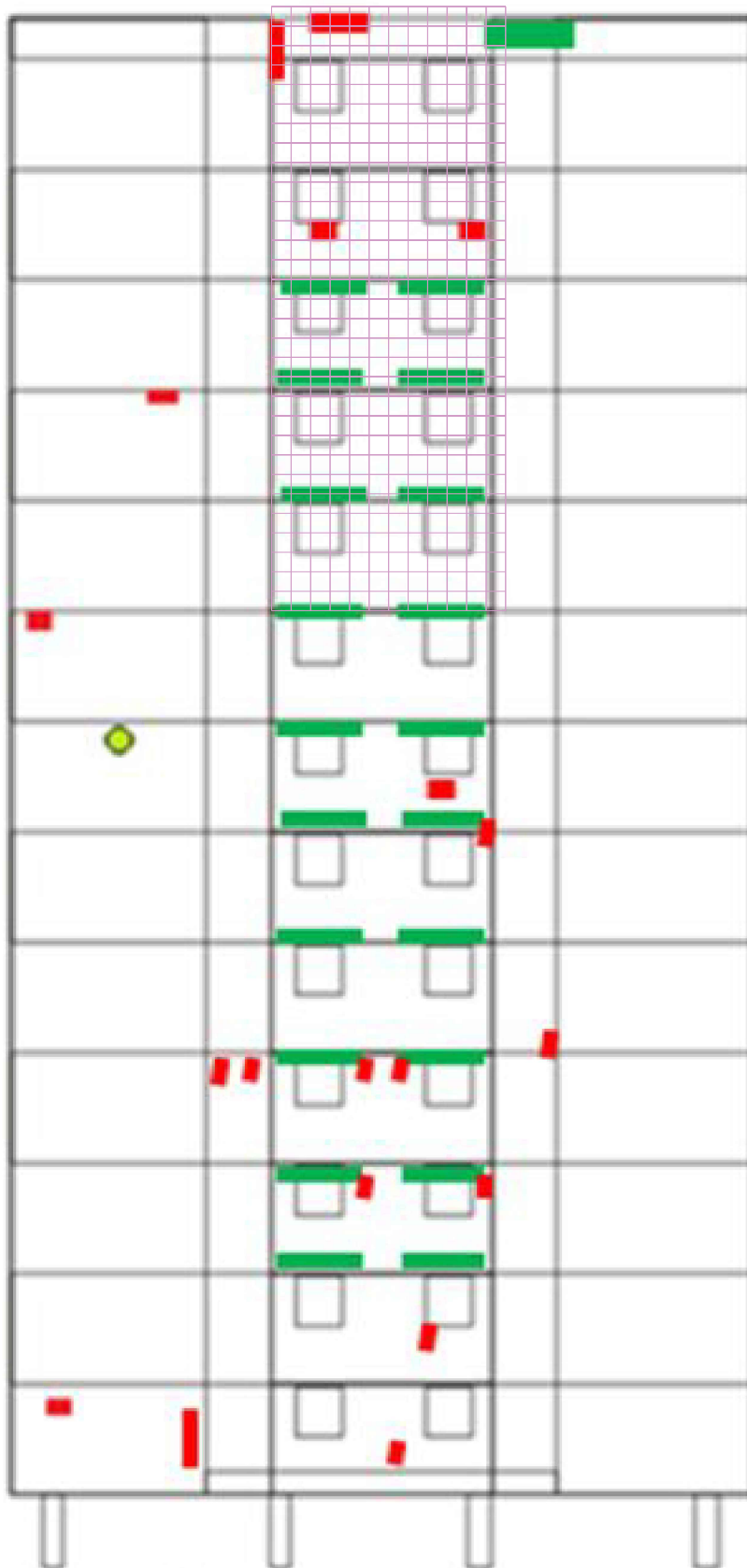
A5.E1

EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B



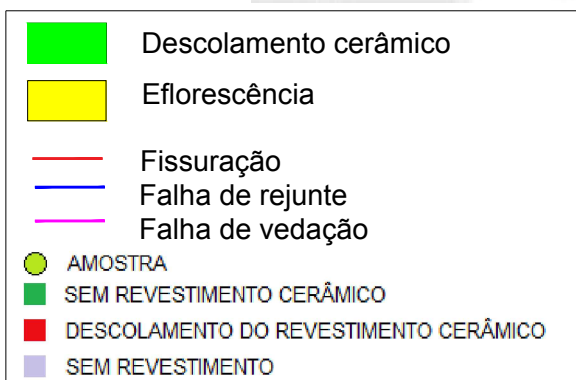
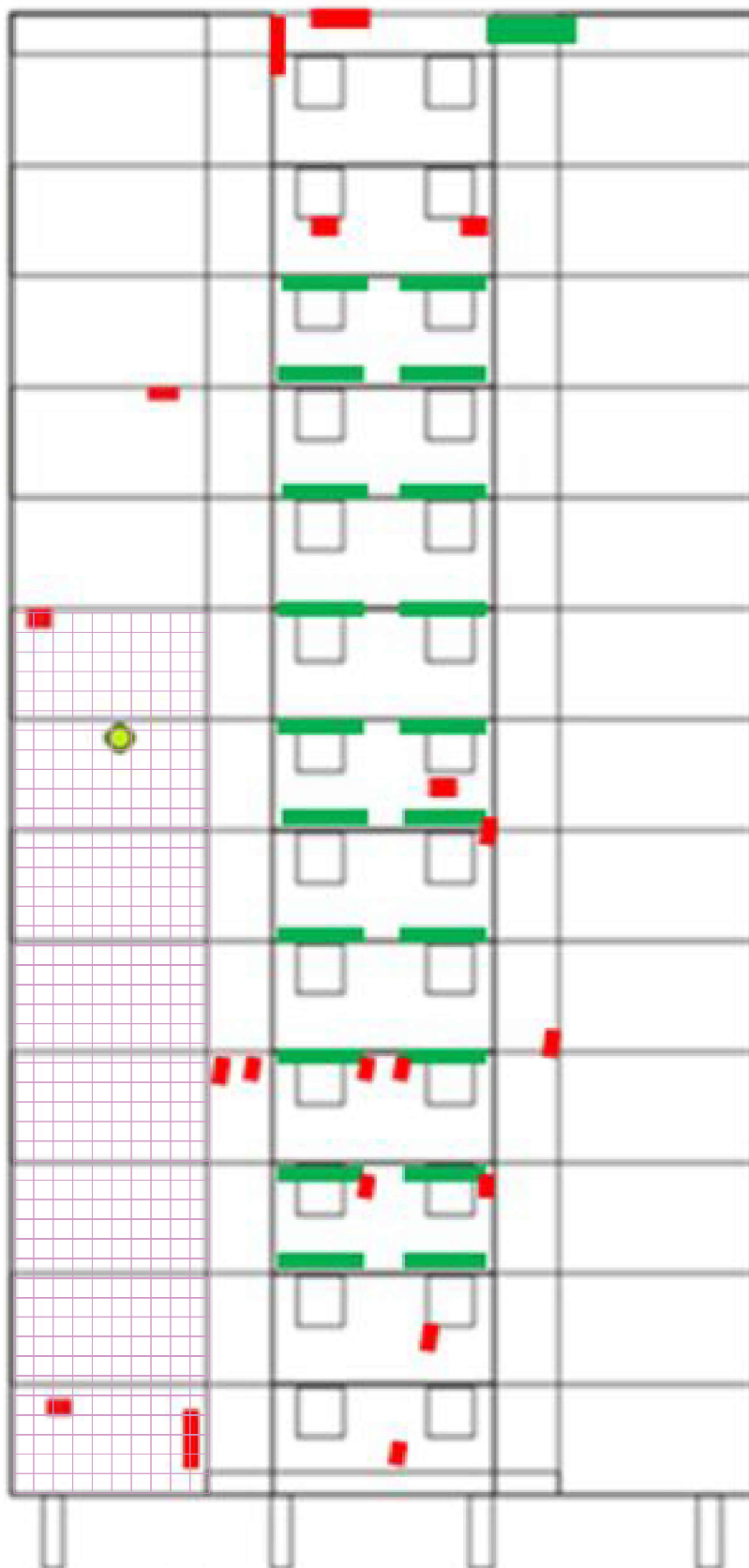
- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO

A5.E2



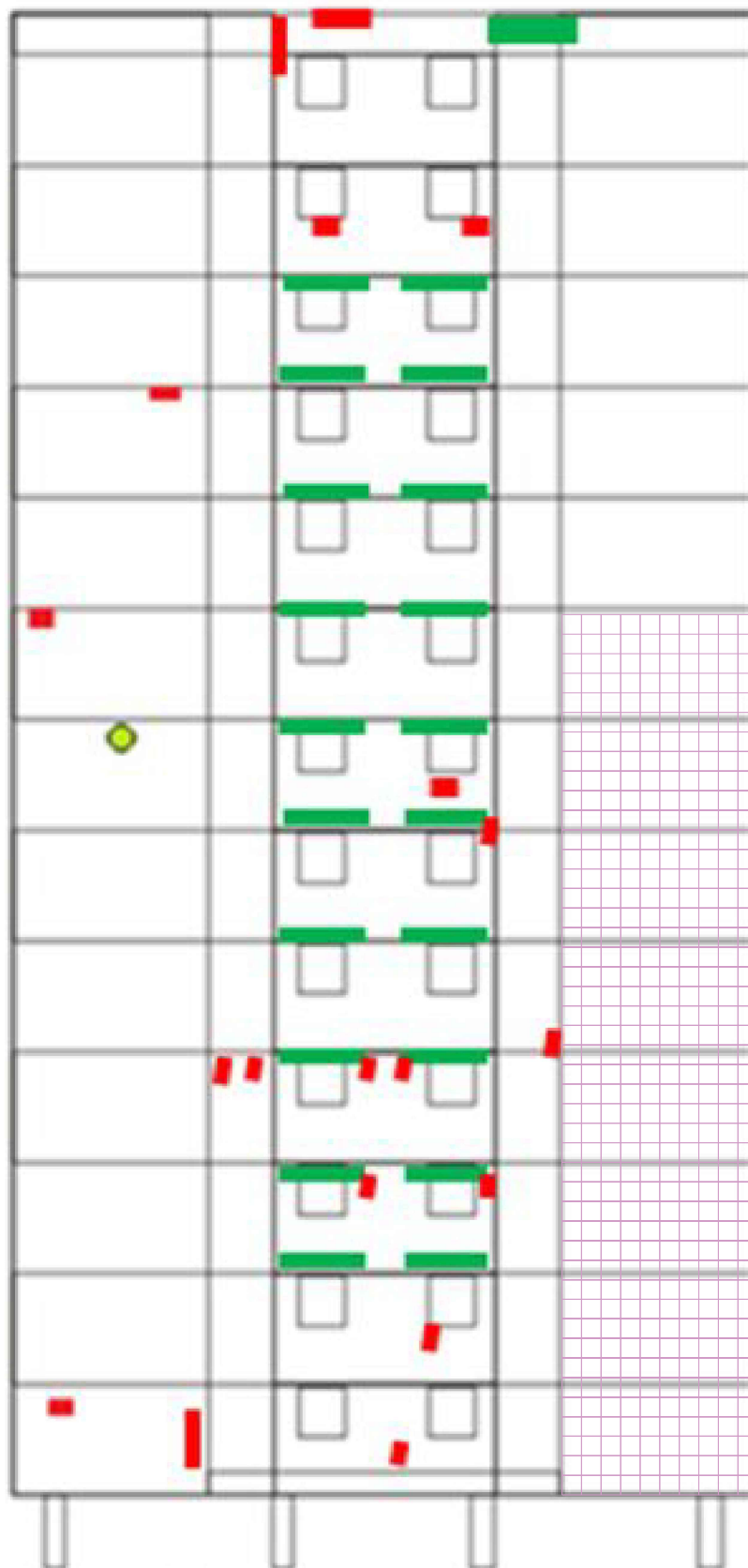
- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO










A5.E3



A5.E4

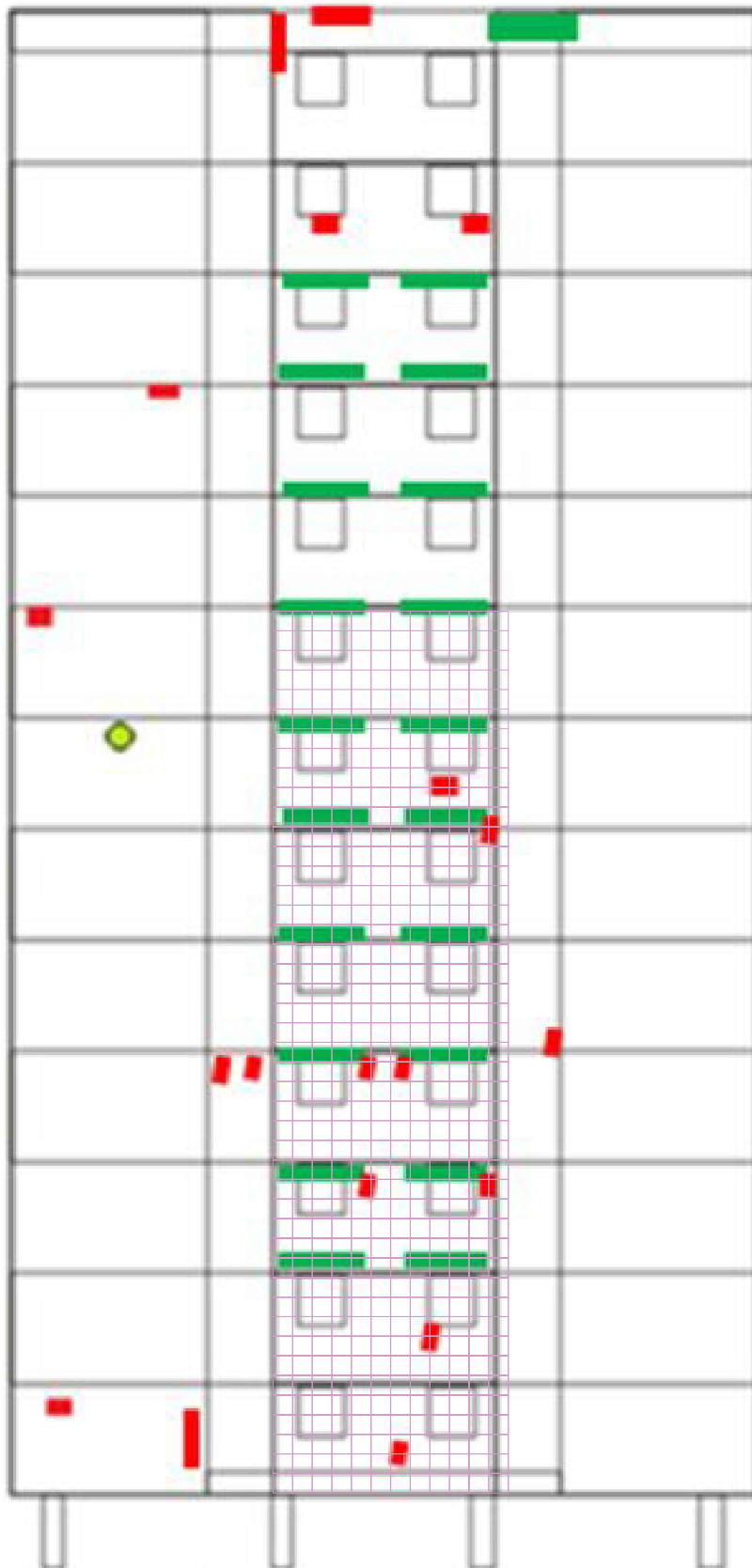
EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B












-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  AMOSTRA
-  SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
-  DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
-  SEM REVESTIMENTO

A5.E5

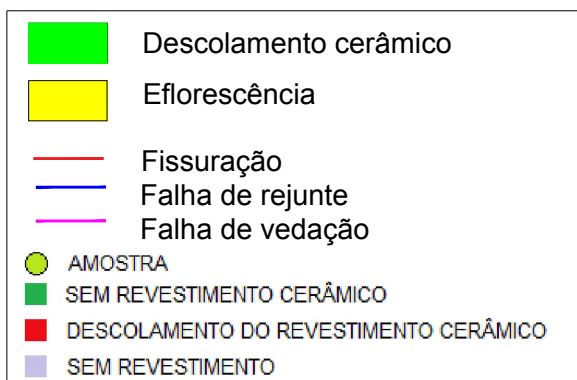
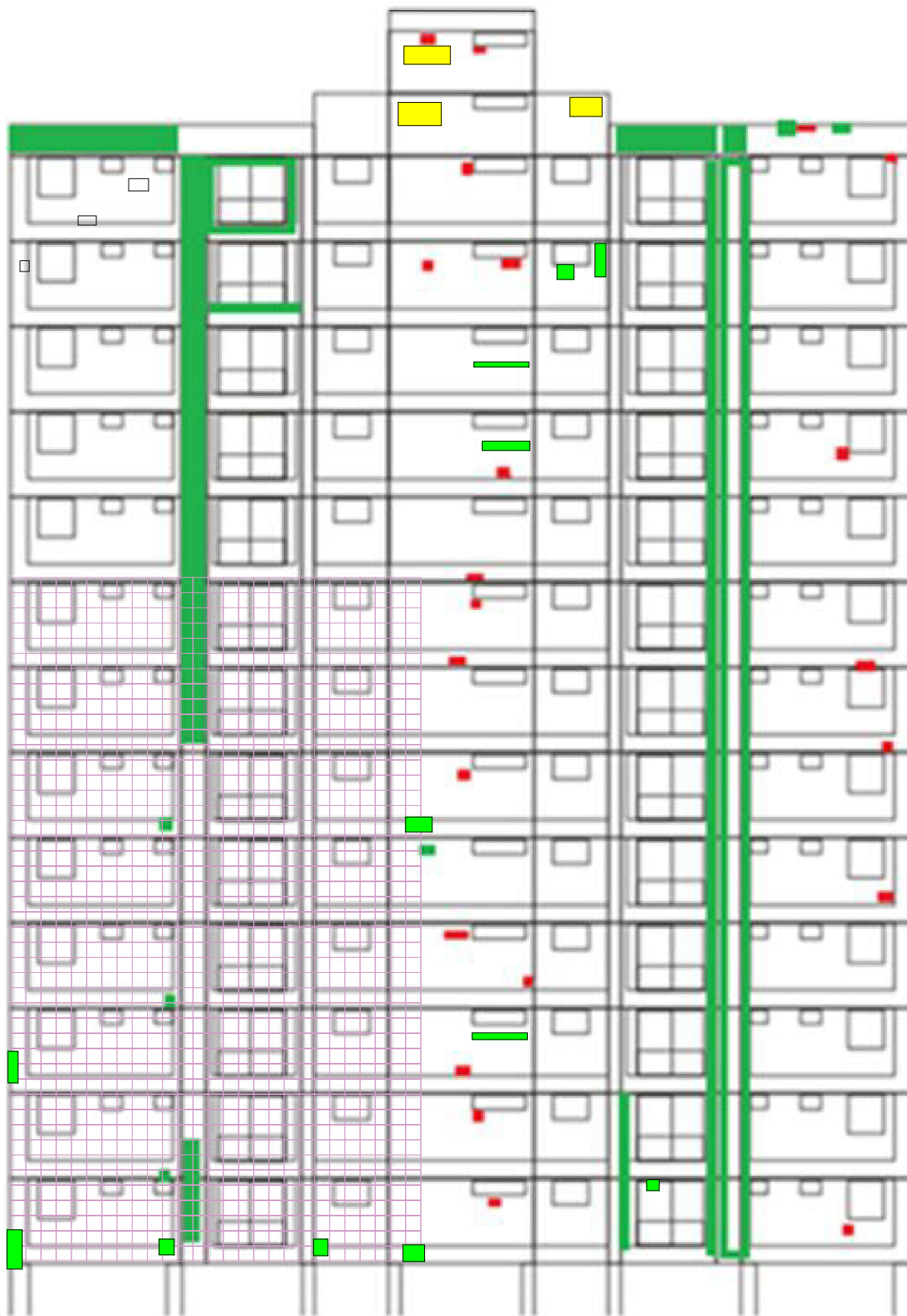
EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B



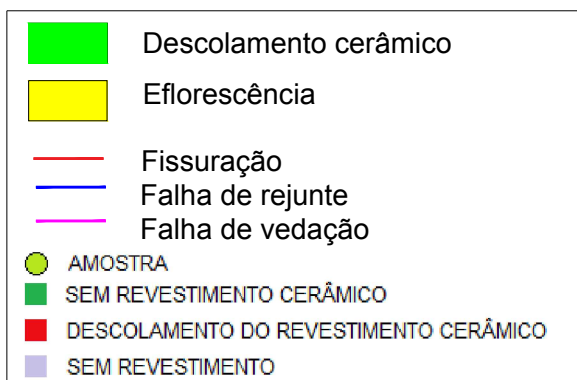
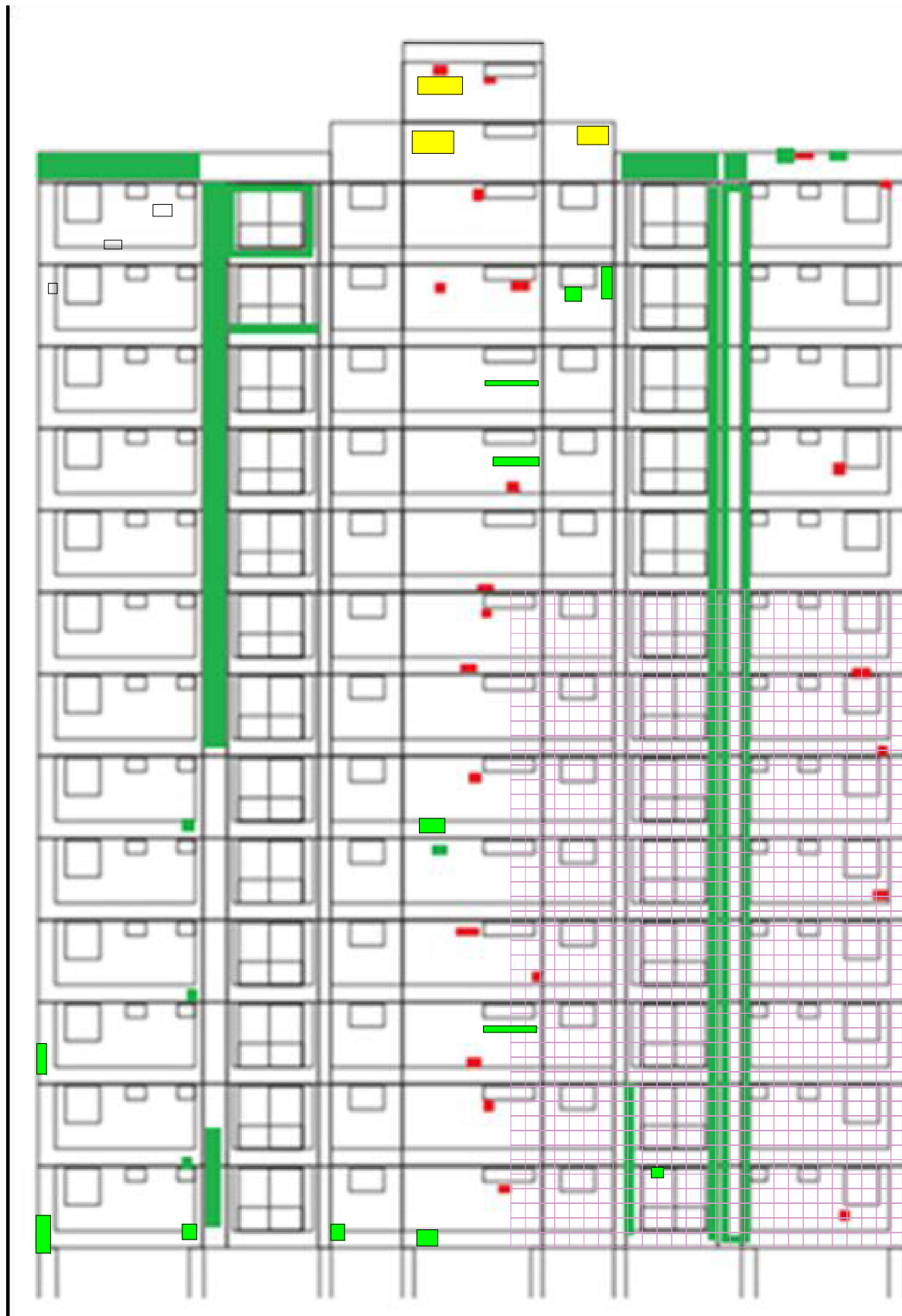
A5.E6

-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  AMOSTRA
-  SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
-  DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
-  SEM REVESTIMENTO

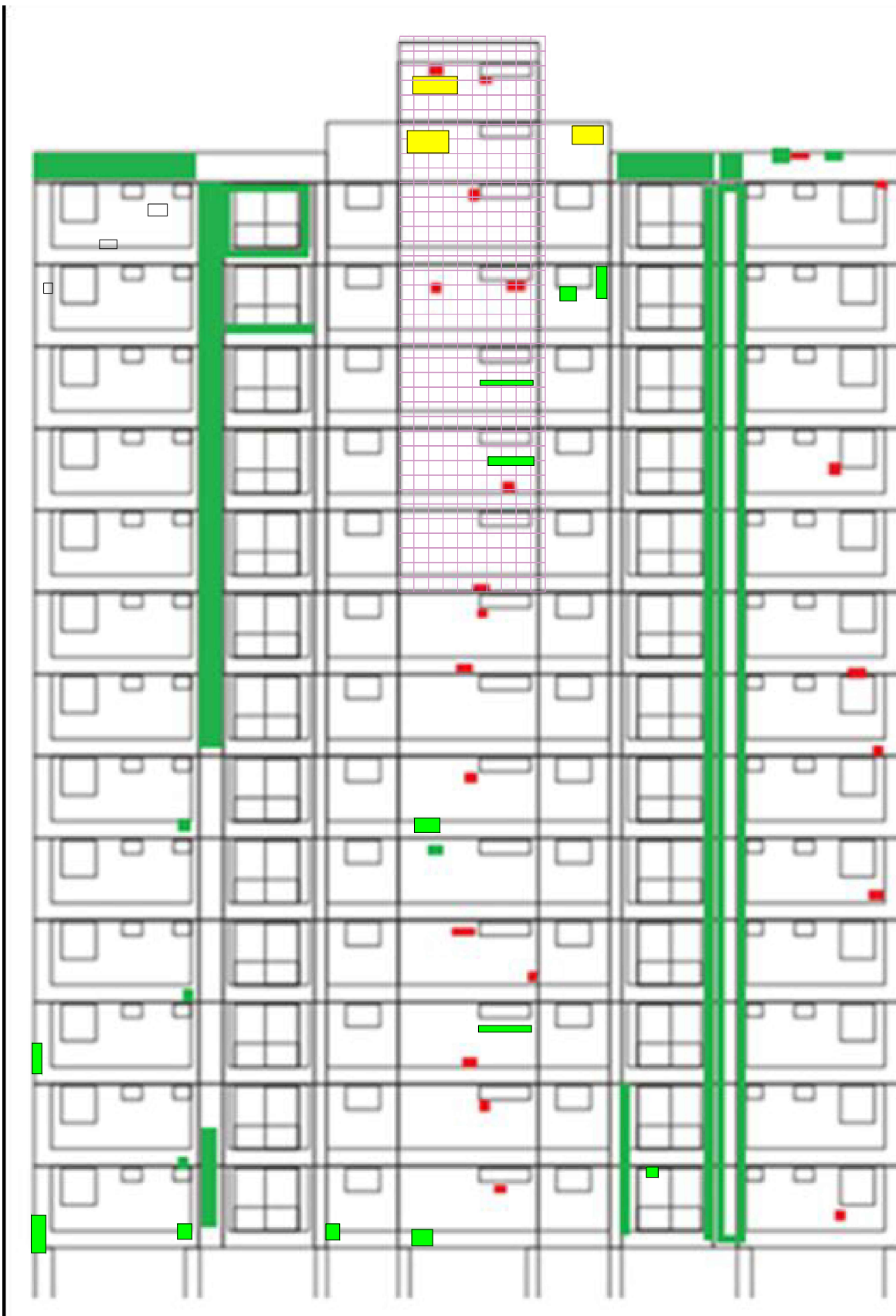
EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B












A5.P7

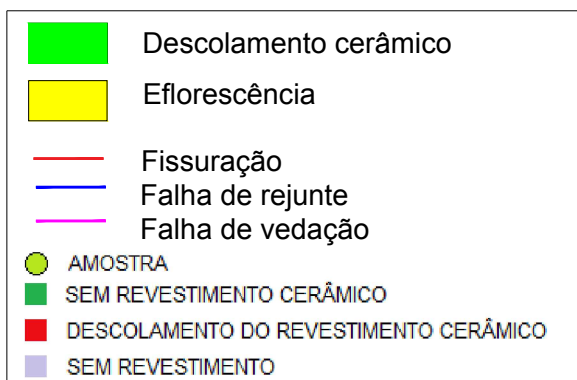
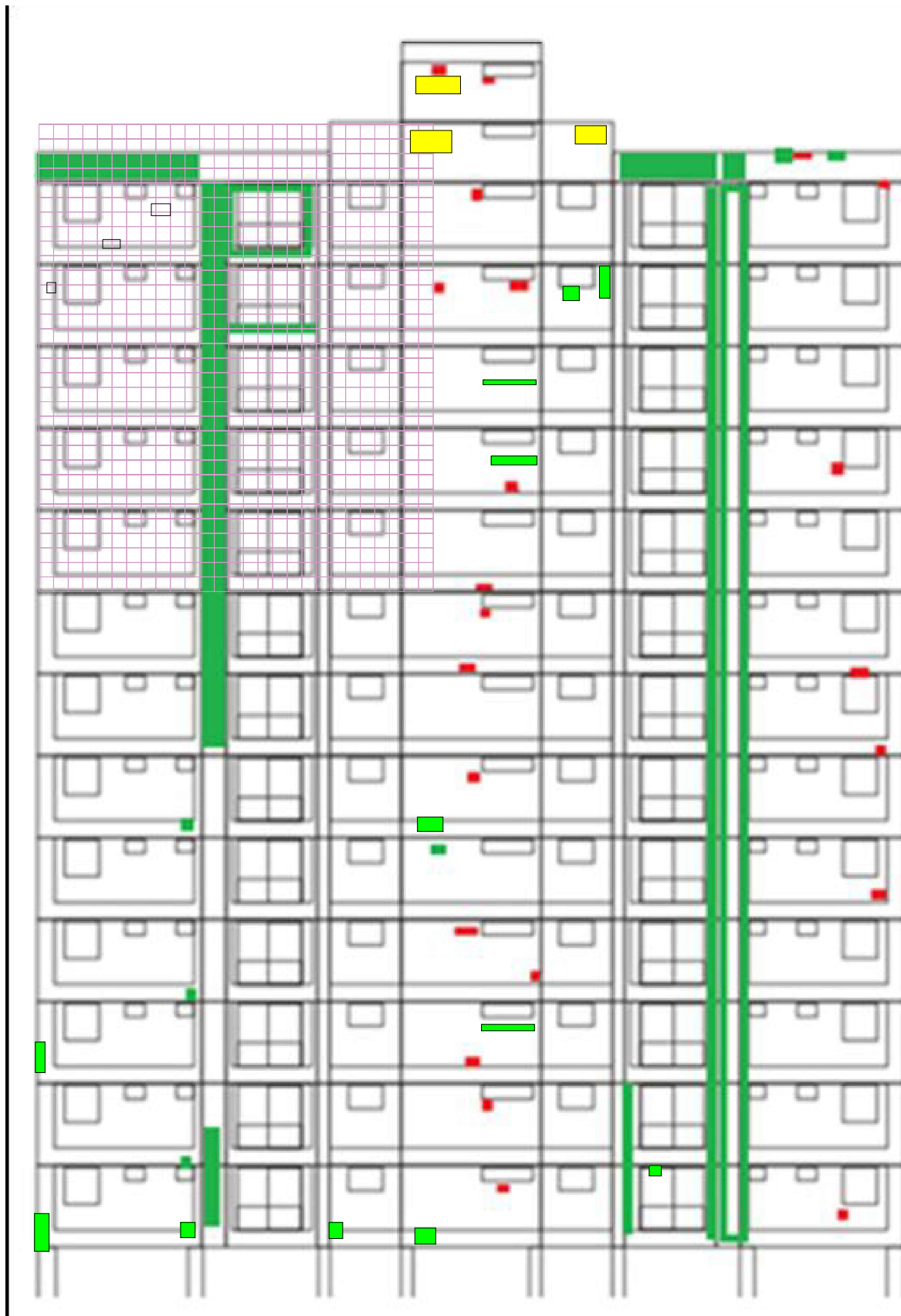


A5.P8

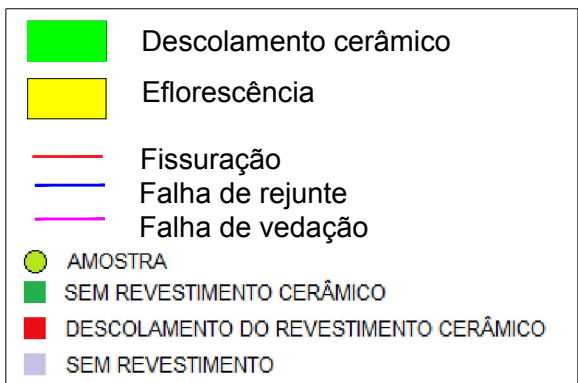
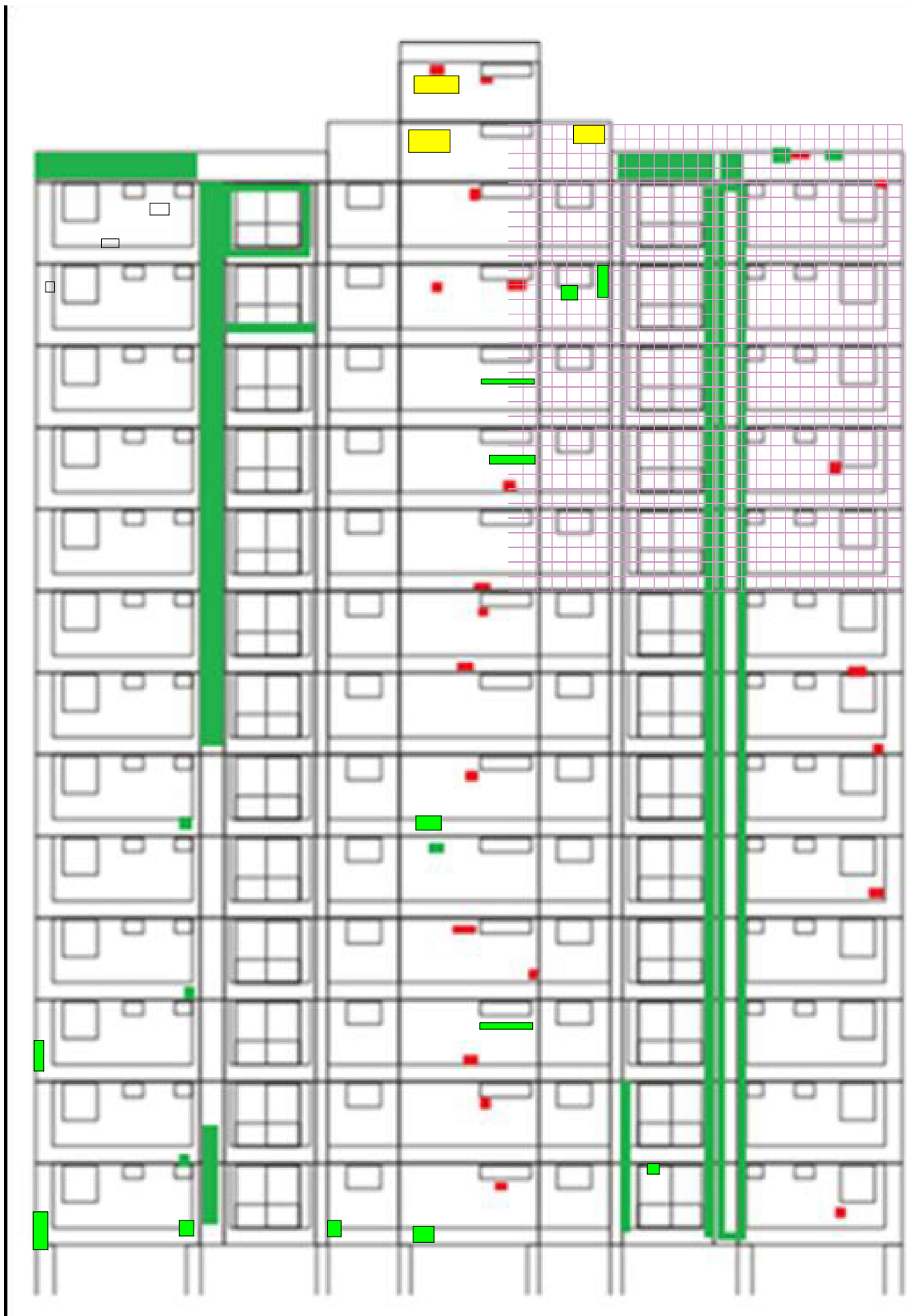


-  Descolamento cerâmico
-  Eflorescência
-  Fissuração
-  Falha de rejunte
-  Falha de vedação
-  AMOSTRA
-  SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
-  DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
-  SEM REVESTIMENTO

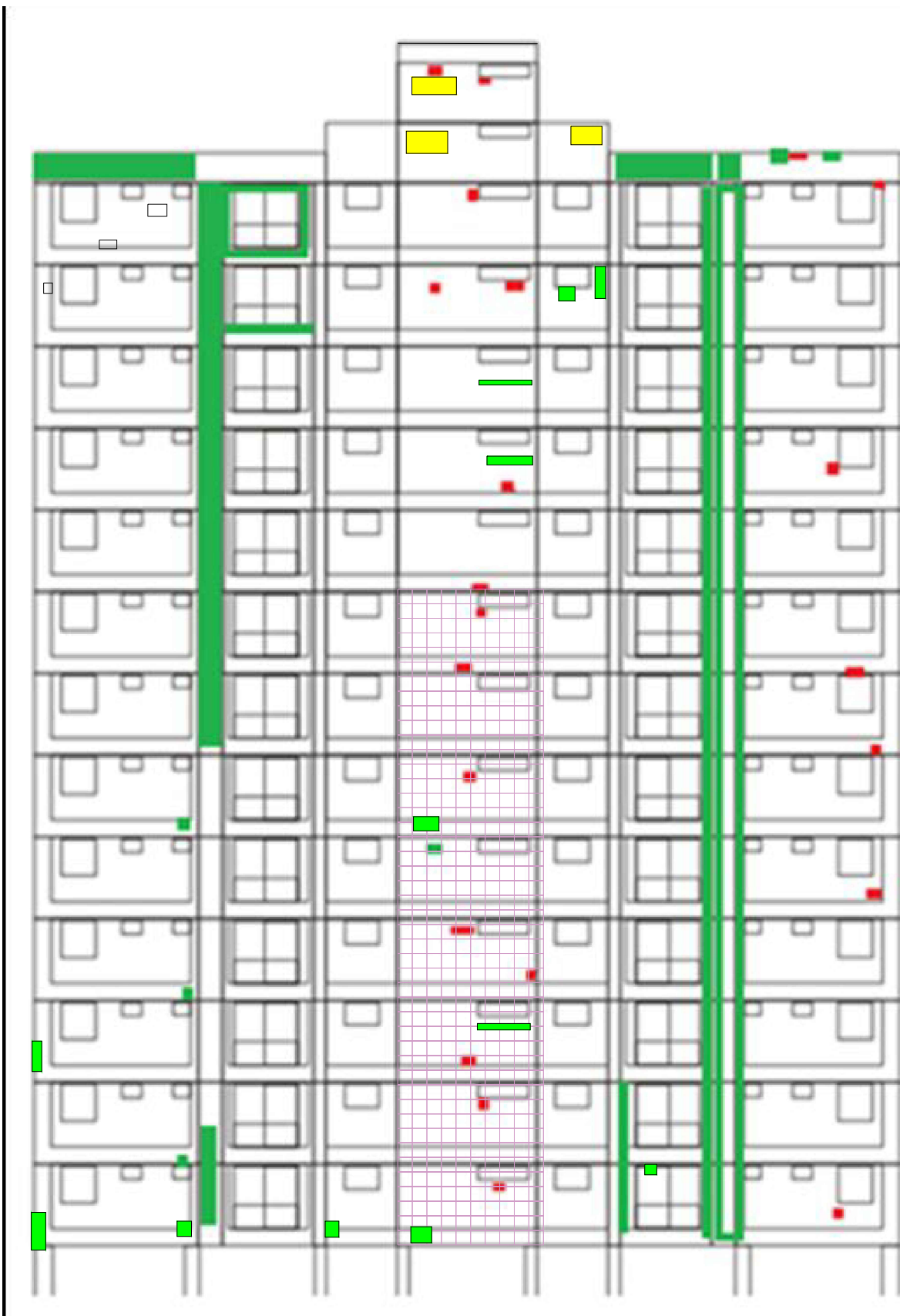
A5.P9



A5.P10



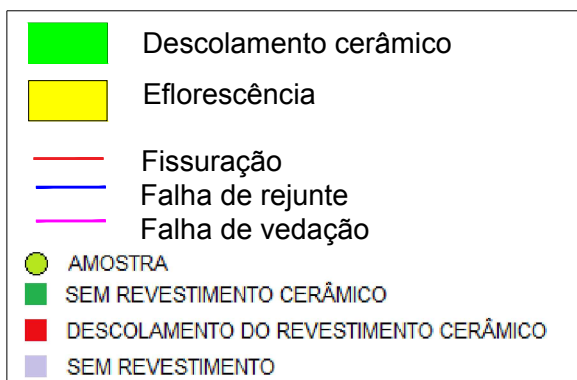
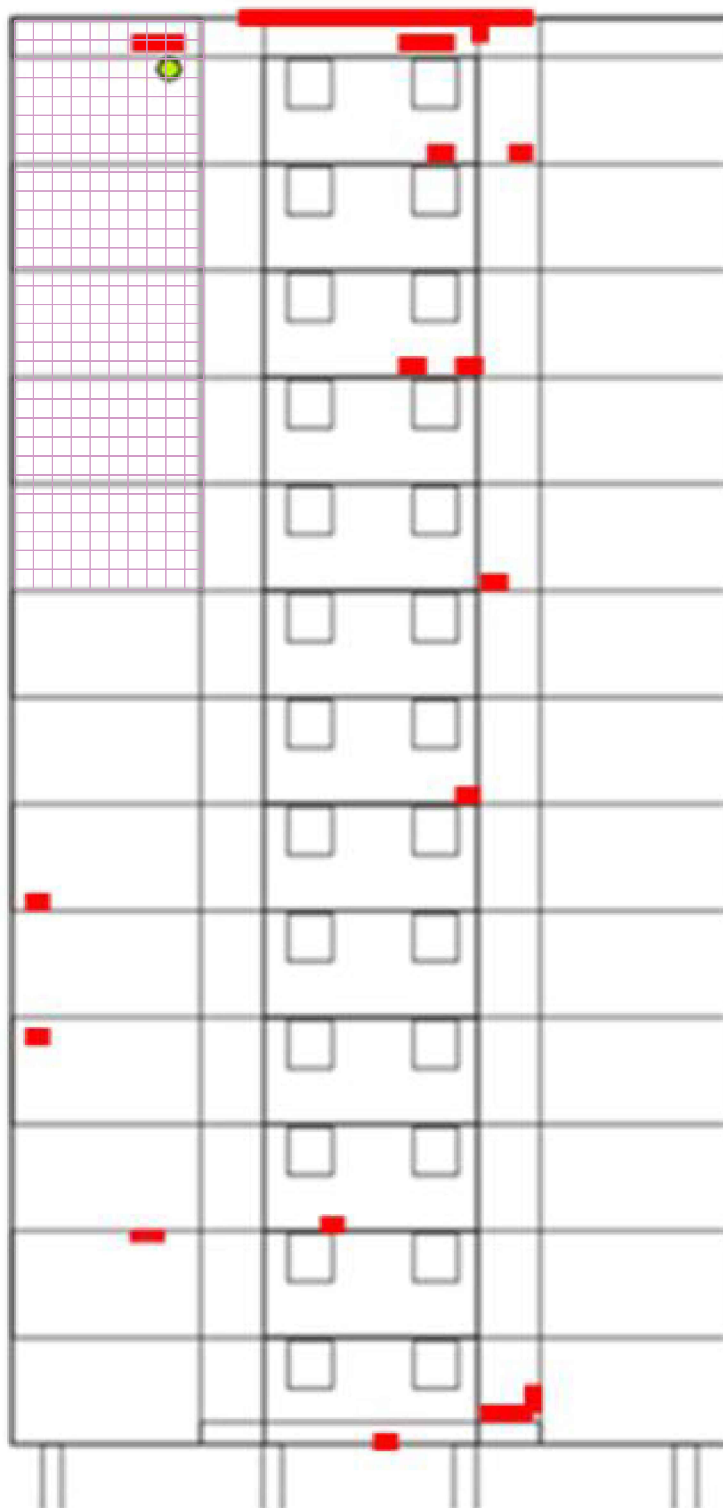
A5.P11



- Descolamento cerâmico
- Eflorescência
- Fissuração
- Falha de rejunte
- Falha de vedação
- AMOSTRA
- SEM REVESTIMENTO CERÂMICO
- DESCOLAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO
- SEM REVESTIMENTO

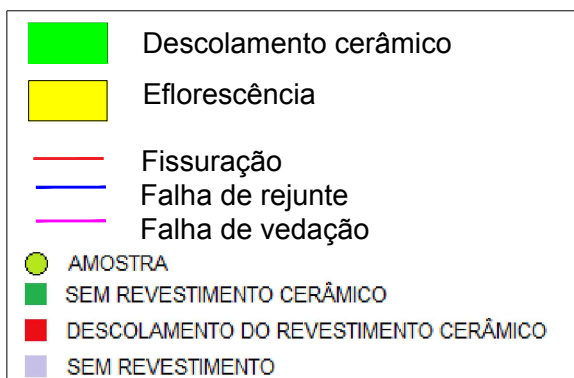
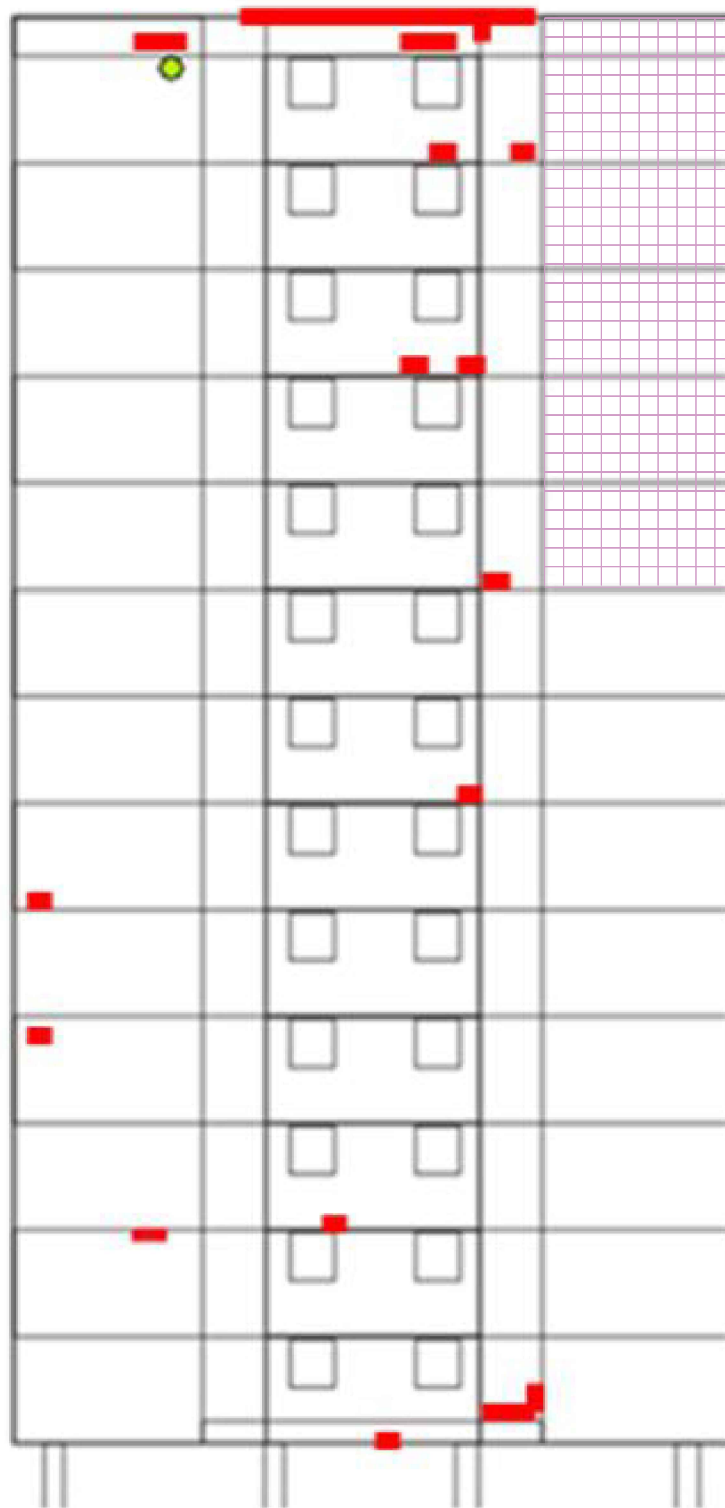
A5.P12

EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B



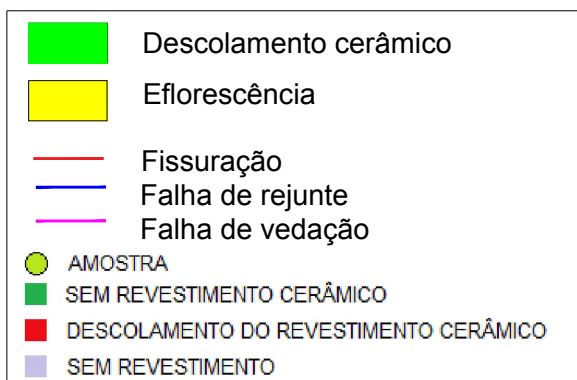
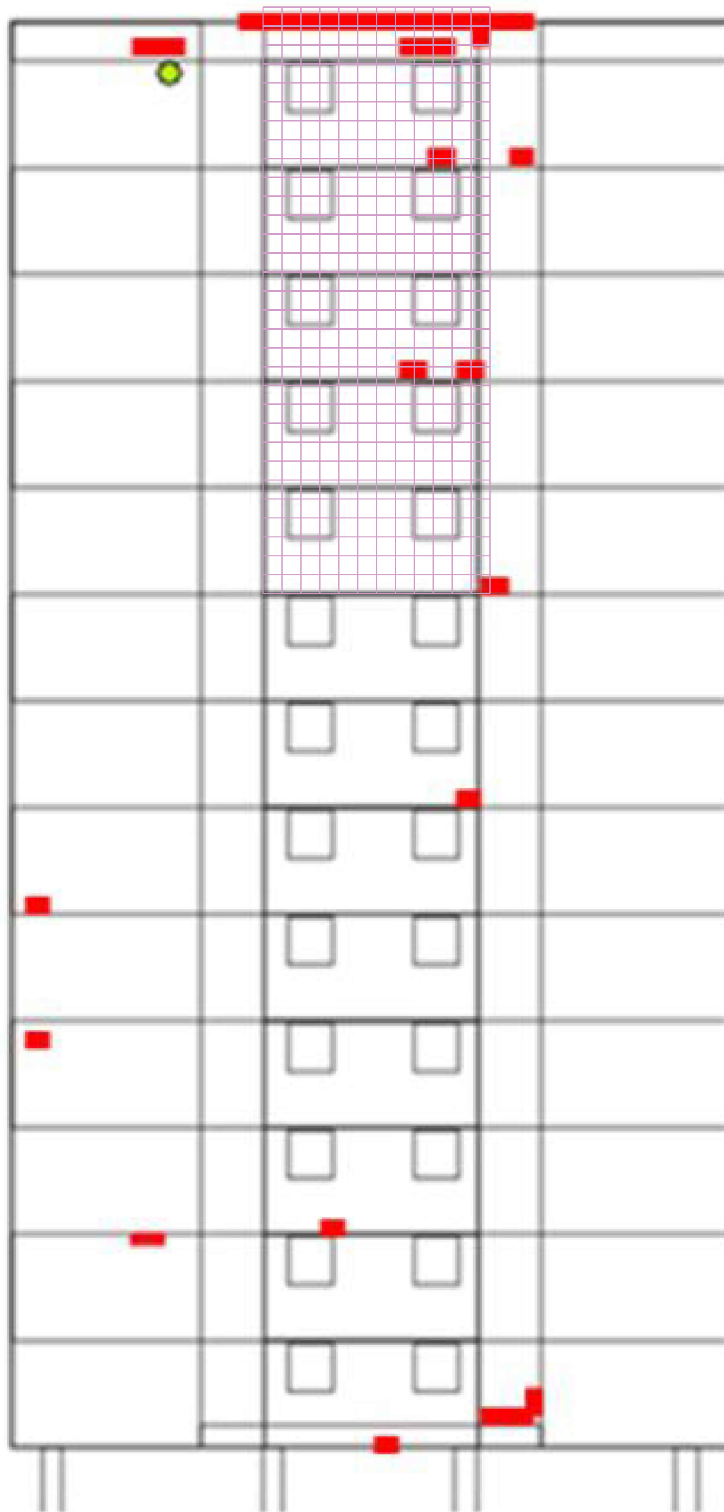
A5.E7

EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B

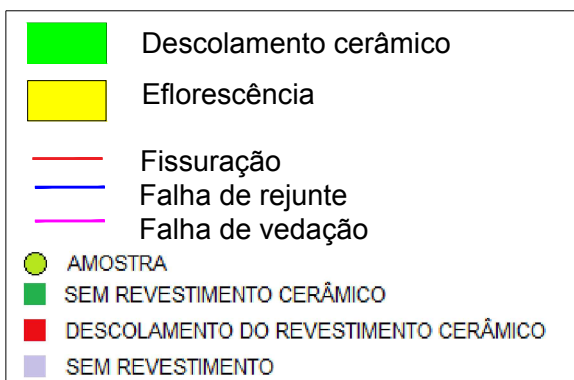
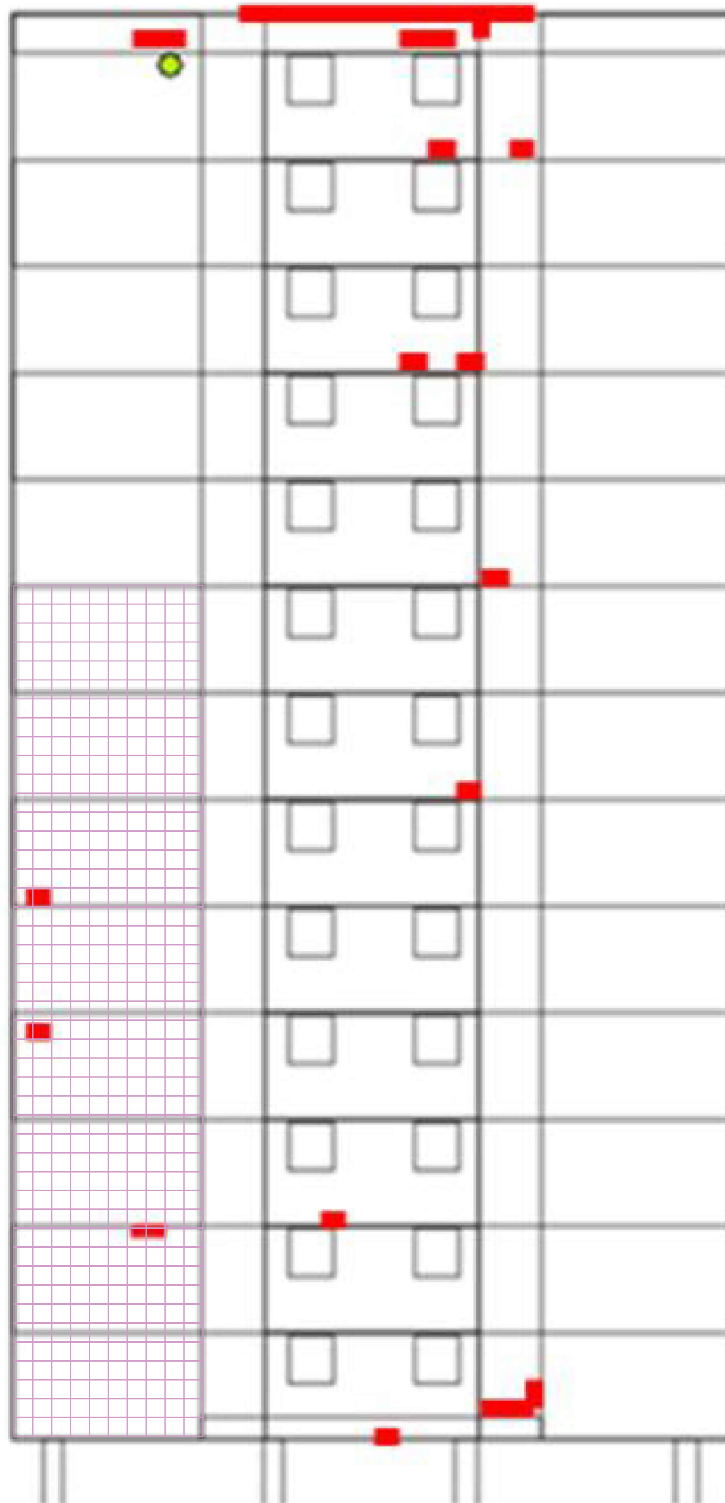


A5.E8

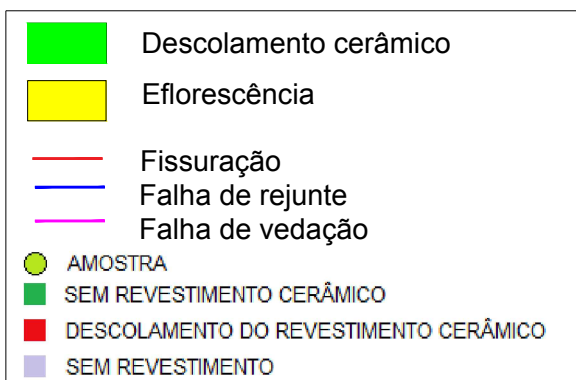
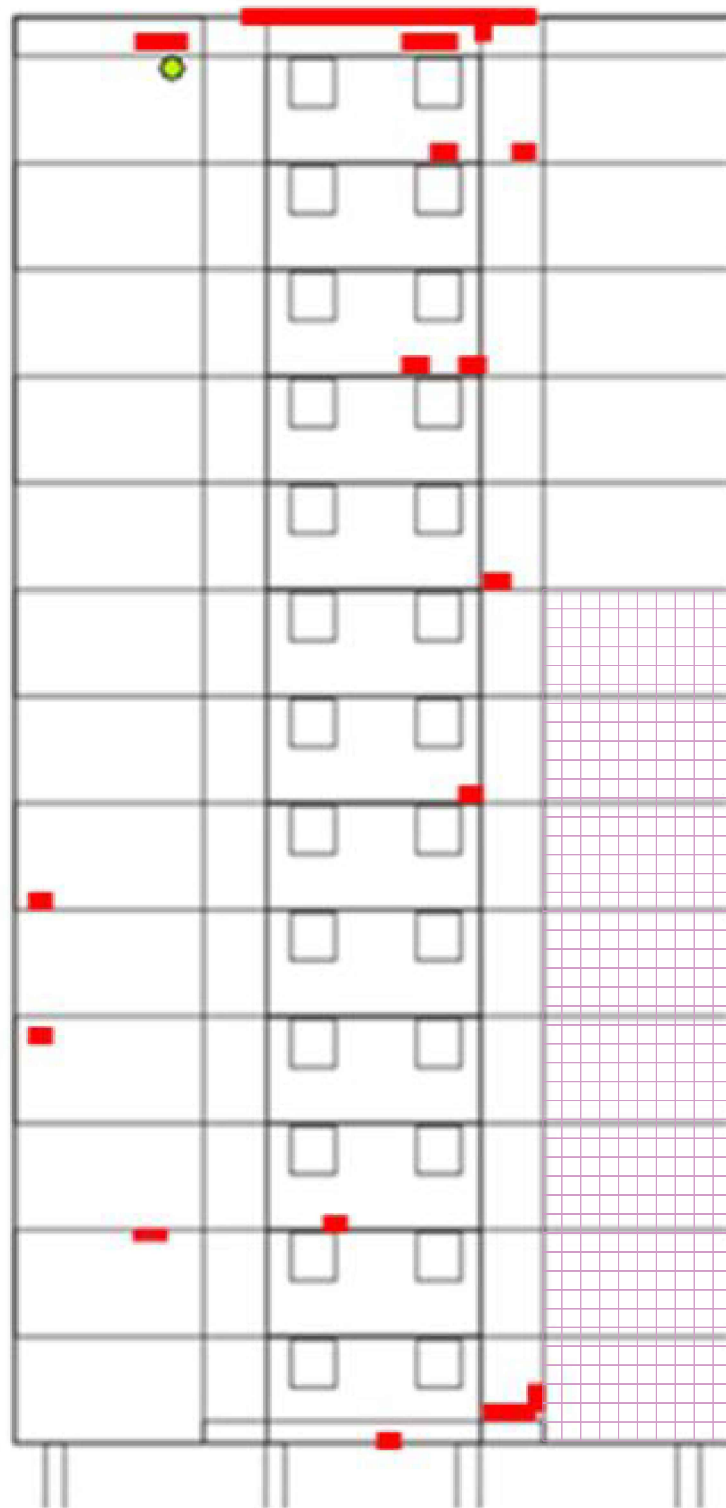
EDIFÍCIO A5 - SAMAMBAIA TORRE B



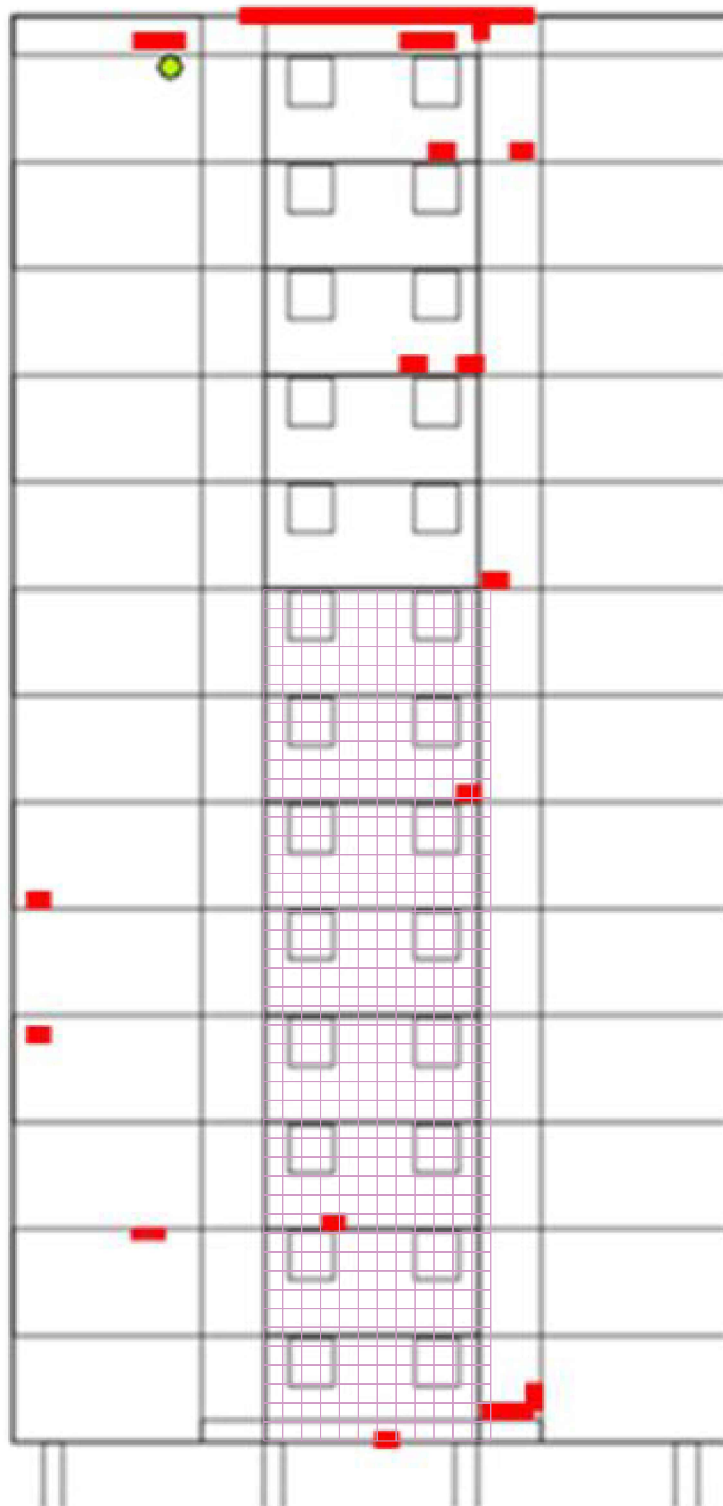
A5.E9



A5.E10



A5.E11



A5.E12

