

FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS – FATECS
CURSO: ENGENHARIA CIVIL

Yago Araújo Guimarães

MATRÍCULA: 21450102

**ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES COM
DIFERENTES TEMPOS DE USO**

Brasília

2018

YAGO ARAÚJO GUIMARÃES

**ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES COM
DIFERENTES TEMPOS DE USO**

Trabalho de Curso apresentado
como um dos requisitos para a
Conclusão do curso de Engenharia
Civil do UniCEUB – Centro
Universitário de Brasília

Orientador: Professor Jorge A. da
Cunha Oliveira

Brasília
2018

YAGO ARAÚJO GUIMARÃES

**ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES COM
DIFERENTES TEMPOS DE USO**

Trabalho de Curso apresentado
como um dos requisitos para a
Conclusão do curso de Engenharia
Civil do UniCEUB – Centro
Universitário de Brasília

Orientador: Professor Jorge A. da
Cunha Oliveira

Brasília, 2018

Banca Examinadora

Eng^a.Civil: Jorge A. da Cunha Oliveira , D.Sc.
Orientador

Eng^o. Civil: Jairo Furtado Nogueira, M.Sc.
Examinador Interno

Eng^o. Civil: Jocinez Nogueira Lima, M.Sc.
Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, o grande responsável por ter me gratificado com a oportunidade de fazer o curso de Engenharia Civil e por eu ter chegado aonde eu cheguei.

Agradeço também aos meus pais, Arnaldo e Maria da Guia, meus grandes apoiadores e incentivadores, pelo carinho, amor, disponibilidade e confiança que depositaram em mim desde o início do curso até hoje.

Às minhas irmãs, Taísa, Ryane e Ítala, que sempre estiveram do meu lado me apoiando.

À minha namorada, Fernanda, por ser uma pessoa que desde o início acreditou em mim e esteve sempre me apoiando e me ajudando nos momentos de felicidade e desespero pelos quais passamos juntos.

Ao meu amigo, professor e orientador Jorge Cunha, um exemplo de profissional, que iluminou minha cabeça com ideias e me orientou da melhor forma possível para que este trabalho fosse realizado.

RESUMO

Com o passar do tempo, as edificações vão perdendo desempenho natural. No entanto, alguns síndicos e proprietários, por se tratar de leigos no assunto, podem achar que qualquer manifestação patológica seja grave ou observar uma anomalia grave e não saber se devem acionar um engenheiro. O presente trabalho objetiva analisar cinco laudos técnicos de engenharia civil para gerar gráficos que relacionam o tempo da edificação com as manifestações patológicas encontradas em cada uma delas. O tema foi escolhido devido aos desabamentos que ocorreram no Eixo Rodoviário de Brasília e em Gênova, na Itália. Serão levantadas as manifestações patológicas mais recorrentes e contabilizadas as vezes em que cada uma delas apareceu em cada edificação de cada laudo em estudo. Feito isso, cada manifestação patológica será discutida separadamente, levantando quais foram os motivos de cada anomalia ter aparecido em cada edificação. Os resultados foram satisfatórios, uma vez que as edificações com maior tempo de uso apresentaram maior número de manifestações patológicas, com exceção do edifício de 30 anos, que teve uma quantidade elevada de apenas um tipo de avaria, a corrosão das armaduras. Com isso pôde-se concluir que esse edifício foi bem construído e projetado, como também o edifício de 40 anos, que apresentou as manifestações patológicas esperadas para a idade dele, mesmo tendo passado por reformas estéticas.

Palavras-chave: manifestações patológicas, tempo de uso, reforma

ABSTRACT

Over time, the buildings lose their natural performance. However, some syndics and owners, because they are laymen in the subject, may find that any pathological manifestation is serious or observe a serious anomaly and not know if it should trigger an engineer. The present work aims to analyze 5 technical reports of civil engineering to generate graphs that relate the time of the construction with the pathological manifestations found in each of them. The theme was chosen due to the collapses that occurred in the Road Axis of Brasília and in Genova, in Italy. The most recurrent pathological manifestations will be collected and counted as each of them appeared in each edification of each study report. After this, each pathological manifestation will be discussed separately, raising the reasons for each anomaly to appear in each edification. The results were satisfactory, since the buildings with greater times of use presented a greater number of pathological manifestations, except for the building of 30 years, that had a high amount of only one failure, being this the corrosion of the armors. With this it was possible to conclude that this building was well built and designed as well as the building of 40 years presented the pathological manifestations expected for his age, even having undergone aesthetic reforms.

SUMÁRIO

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. Objetivo Geral	10
2.2. Objetivo Específico	10
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1. Engenharia Legal	11
3.1.1. ENGENHARIA DIAGNÓSTICA.....	11
3.2. Grau de Risco	13
3.3. Anamnese	14
3.4. Nível de Inspeção	15
3.5. Descrição das Manifestações Patológicas	16
3.5.1. CARBONATAÇÃO DO CONCRETO.....	16
3.5.2. CORROSÃO DE ARMADURAS.....	16
3.5.3. JUNTAS.....	18
3.5.4. FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS.....	18
3.5.5. DESPLACAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO.....	19
3.5.6. EFLORESCÊNCIA.....	20
3.5.7. FLECHAS.....	20
4. METODOLOGIA	22
4.1. Análise dos Laudos	23
5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	23
5.1. Trincas e Fissuras	26
5.2. Corrosão das Armaduras	28
5.3. Infiltração	31
5.4. Desplacamento do Revestimento	35
5.5. Juntas de dilatação	36
6. CONCLUSÃO	37
7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Engenharia Legal	11
Figura 2 - Carbonatação do concreto.....	16
Figura 3 - Gráfico Idade X Manifestações Patológicas	24
Figura 4 - Gráfico de trincas e fissuras	26
Figura 5 - Trinca por expansão da barra de aço	27
Figura 6 - Trinca no piso	27
Figura 7 - Acúmulo de caixas sobre laje em balanço	28
Figura 8 - Gráfico de corrosão das armaduras	29
Figura 9 - Pilar sem revestimento	30
Figura 10 - Viga com cobertura insuficiente	30
Figura 11 - Gráfico de infiltrações.....	31
Figura 12 - Infiltração na laje	32
Figura 13 - Falha no sistema de impermeabilização	32
Figura 14 - Falha na passagem das tubulações	33
Figura 15 - Trincas no revestimento.....	33
Figura 16 - Falta de rejunte no piso.....	34
Figura 17 - Falha no sistema de impermeabilização	34
Figura 18 - Gráfico do deslocamento cerâmico.....	35
Figura 19 - Deslocamento de revestimento cerâmico	36
Figura 20 - Gráfico das juntas de dilatação.....	36
Figura 21 - Pilar com junta praticamente inexistente.....	37

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela GUT	14
Tabela 2 - Agressividade ambiental	17
Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobertura nominal.....	17
Tabela 4a - Deslocamento limite permitido	21
Tabela 5 - Dados das edificações.....	25

1. INTRODUÇÃO

No decorrer de 2018, desabamentos e problemas em edificações foram manchete em vários noticiários nacionais e internacionais. Por ser uma ciência com áreas de atuação muito amplas, a Engenharia engloba partes como perícia, avaliações, gerenciamento e uma, muito importante, que é a parte de inspeção predial, foco deste trabalho.

Muitas das obras e edificações, após certo tempo de uso, apresentam algumas manifestações patológicas que podem ser comuns, dependendo da sua idade. No entanto, quando se trata de condomínios verticais, o síndico é eleito dentre vários moradores para ser o grande responsável pela edificação como um todo.

No entanto, a pessoa eleita pelos moradores nem sempre é um engenheiro civil, que já está acostumado com edifícios. Para isso, existe um documento normatizado pela NBR 14037, que é o manual de operação, uso e manutenção das edificações, também conhecido como manual do proprietário, que tem a finalidade de orientar o síndico sobre como fazer as devidas manutenções, baseado no tempo útil de cada elemento construtivo.

De acordo com a NBR 14037 (2011), o manual do proprietário tem como objetivos:

- informar aos usuários as características técnicas da edificação construída;
- descrever procedimentos recomendáveis para o melhor aproveitamento da edificação;
- orientar os usuários para a realização das atividades de manutenção;
- prevenir a ocorrência de falhas e acidentes decorrentes de uso inadequado;
- contribuir para o aumento da durabilidade da edificação.

Dessa forma, este trabalho tem a proposta de mostrar que algumas manifestações patológicas podem vir a aparecer com o avançar do tempo de uso das edificações e eventualmente ajudar síndicos a identificar alguns problemas de acordo com a idade do edifício.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem o intuito de analisar laudos técnicos de diferentes inspeções a fim de fazer um levantamento das manifestações patológicas encontradas em edificações de diferentes idades e do avanço delas com o tempo de uso.

2.2. Objetivo Específico

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- gerar gráficos de manifestações patológicas X Idade da edificação;
- discutir o motivo das manifestações patológicas em cada uma das edificações.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

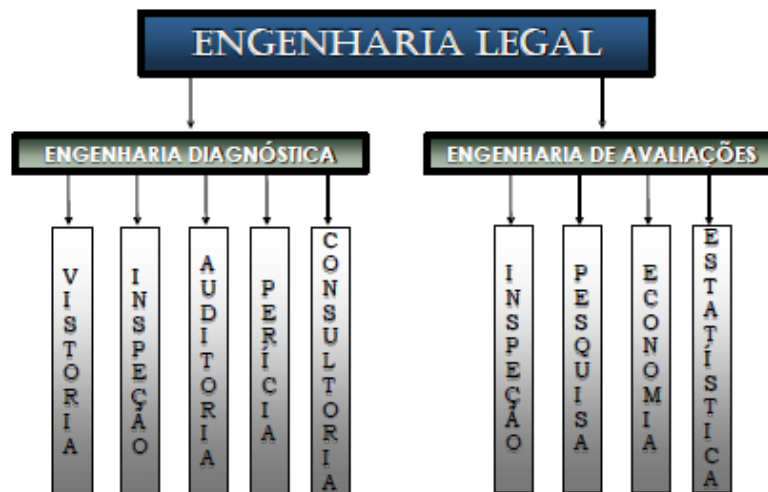
3.1. Engenharia Legal

A NBR 14653-1/2001 define Engenharia Legal como parte da Engenharia que atua na interface técnico-legal, envolvendo avaliações e toda espécie de perícias relativas a procedimentos judiciais.

Apesar de não ser muito difundida, a Engenharia Legal é um ramo da Engenharia mais voltado para a parte de leis, normas e perícias, que trabalha bastante com inspeções prediais, auditorias, pesquisas, etc.

É dividida em duas vertentes: Engenharia Diagnóstica e Engenharia de Avaliações (Figura 1). O presente trabalho será focado na primeira delas, sendo assim, não será tratado o tema de Engenharia de Avaliações.

Figura 1 - Engenharia Legal



Fonte: Gomide *et. al* (2011)

3.1.1. ENGENHARIA DIAGNÓSTICA

Gomide et al. (2011) define a Engenharia Diagnóstica em edificações como a arte de criar ações proativas por meio de diagnóstico, prognóstico e prescrições técnicas, visando à qualidade total da edificação como um todo.

Dessa forma, para um completo e correto diagnóstico da edificação, uma série de etapas deve ser executada, como exposto na Figura 1. Gomide et al. (2011) que

também conceitua cada uma dessas etapas da Engenharia Diagnóstica por ordem de complexidade (do mais simples ao mais complexo):

- Vistoria em Edificação: constatação técnica de determinado fato, condição ou direito relativo a uma edificação, mediante verificação *in loco*.
- Inspeção em Edificação: análise técnica de fato, condição ou direito relativo a uma edificação, com base em informações genéricas e na experiência do engenheiro diagnóstico.
- Auditoria em Edificação: atestamento técnico, ou não, de conformidade com um fato, condição ou direito relativo a uma edificação.
- Perícia em Edificação: determinação da origem, da causa e do mecanismo de ação de um fato, condição ou direito relativo a uma edificação.
- Consultoria em Edificação: prescrição técnica a respeito de um fato, condição ou direito relativo a uma edificação.

O autor ainda apresenta alguns conceitos importantes da Engenharia Diagnóstica, tendo em vista a grande semelhança dessa Engenharia com a Medicina, a saber:

- Anamnese: dados coletados sobre o início e a evolução da anomalia construtiva ou falha de manutenção, desde a concepção do projeto até a data da vistoria ou inspeção.
- Diagnóstico: determinação e indicação das anomalias construtivas e falhas de manutenção, mediante auditorias, ensaios laboratoriais e perícias.
- Prognóstico: indicação das ocorrências vindouras nas anomalias construtivas e falhas de manutenção em consonância à correspondente prescrição da consultoria.
- Prescrição: consultoria com indicação dos reparos das anomalias construtivas e falhas de manutenção.
- Sintomatologia: constatações e análises dos sintomas e das condições físicas das anomalias construtivas e falhas de manutenção.

- Etiologia: determinação de efeitos, origens, causas, mecanismos de ação, agentes e fatores de agravamento, das anomalias construtivas e falhas de manutenção.
- Terapêutica: estudos das reparações das anomalias construtivas e falhas de manutenção.
- Patologia: estudo que se ocupa da natureza e das modificações das condições físicas e/ou funcionais produzidas pelas anomalias construtivas e falhas de manutenção, por meio de auditorias, perícias e ensaios técnicos.

3.2. Grau de Risco

Coletadas as informações na inspeção predial, o engenheiro terá que dar o diagnóstico da edificação como um todo ou a respeito de alguma anomalia em específico e isso inclui dizer o grau de risco da edificação ou anomalia e a priorização das providências a serem tomadas.

A norma do IBAPE recomenda que a estruturação das prioridades seja disposta em ordem decrescente quanto ao grau de risco e que sejam apuradas através de algumas metodologias de definição de prioridades, como o FMEA (Metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha), a Listagem de Criticidade (decorrente da inspeção predial) e o GUT (Metodologia de Gravidade, Urgência e Tendência), que será enfatizada neste trabalho (Tabela 1).

O método GUT baseia-se na ponderação do grau de comprometimento (ou criticidade) para cada enfoque analisado das incorreções construtivas, para posterior interação matemática entre os enfoques ponderados (pesos dados para cada criticidade), obtendo-se um resultado numérico para cada incorreção técnica, viabilizando, dessa forma, a ordenação (ou priorização) das providências para as manutenções corretiva ou preventiva (GOMIDE, et al. 2011)

Tabela 1 - Tabela GUT

GRAU	NOTA	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA
MÁXIMO	10	risco à vida dos usuários, colapso da edificação, dano ambiental grave	evolução imediata	em ocorrência
ALTO	8	risco de ferimentos aos usuários, avaria não recuperável na edificação, contaminação localizada	evolução no curto prazo	a ocorrer
MÉDIO	6	insalubridade aos usuários deterioração elevada da edificação, desperdício dos recursos naturais	evolução no médio prazo	prognóstico p/ breve
BAIXO	3	incômodo aos usuários, degradação da edificação, uso não racional dos recursos naturais	evolução no longo prazo	prognóstico p/ adiante
MÍNIMO	1	depreciação imobiliária	não evoluirá	Imprevisto

Fonte: Gomide et al. (2011)

3.3. Anamnese

A anamnese (do grego *ana*, "trazer de novo" e *mnesis*, "memória") na Medicina, quando bem executada, é responsável por 85% do diagnóstico na clínica médica, liberando 10% para o exame clínico (físico) e apenas 5% para os exames laboratoriais ou complementares. (SILVA, 2011)

Assim como na Medicina, a Engenharia Diagnóstica visa conhecer e identificar, principalmente nos estudos relativos à reparação e prevenção de anomalias construtivas das edificações, havendo, inclusive, a conhecida disciplina Patologia das Construções. (GOMIDE, 2009)

De acordo com Silva (2011), não existe, na Engenharia, um dado que correlacione os problemas encontrados na edificação com a anamnese, uma vez que, diferentemente da Medicina, apenas a experiência do profissional não é suficiente para dar um diagnóstico correto e preciso sobre a principal causa daquela anomalia, sendo necessária uma série de ensaios feitos *in-loco*.

Muitos engenheiros não dão a devida importância para essa fase da inspeção por serem informações coletadas muitas vezes de pessoas leigas no assunto, uma

vez que a inspeção pode ser em uma casa ou em um condomínio onde o atual síndico possui formação acadêmica em qualquer outra área do conhecimento.

No entanto, para o levantamento das manifestações patológicas, essas informações são de extrema importância. Também não existe um dado sólido que diz o tempo necessário de uma anamnese, porém, uma anamnese bem feita pode reduzir significativamente o tempo de inspeção necessária para o levantamento das informações.

A partir dessas informações coletadas, é possível determinar o nível de detalhamento da inspeção e até mesmo confrontar com alguns detalhes observados *in-loco*, para, então, chegar a um diagnóstico.

3.4. Nível de Inspeção

O IBAPE classifica a inspeção predial em 3 níveis:

- **Nível 1:** Inspeção Predial realizada em edificações com baixa complexidade técnica de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos. Normalmente empregada em edificações com planos de manutenção muito simples ou inexistentes.
- **Nível 2:** Inspeção Predial realizada em edificações com média complexidade técnica de manutenção e de operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos médios e com sistemas convencionais. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos, com ou sem plano de manutenção, mas com empresas terceirizadas, contratadas para execução de atividades específicas como: manutenção de bombas, portões, reservatórios de água, dentre outros.
- **Nível 3:** Inspeção Predial realizada em edificações com alta complexidade técnica de manutenção e operação de seus elementos e sistemas construtivos, de padrões construtivos superiores e com sistemas mais sofisticados. Normalmente empregada em edificações com vários pavimentos ou com sistemas construtivos com automação.

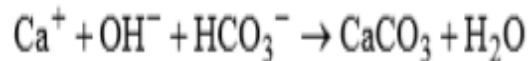
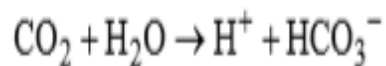
3.5. Descrição das Manifestações Patológicas

A seguir serão descritas todas as patologias encontradas nos laudos de engenharia analisados.

3.5.1. CARBONATAÇÃO DO CONCRETO

Em grandes centros urbanos, a presença de gás carbônico pode chegar a níveis catastróficos. Por esse motivo, muitas construções localizadas nesses centros podem sofrer com a carbonatação do concreto, que ocorre quando o gás carbônico (CO₂) presente na atmosfera reage com a água no interior do concreto (Figura 2). O produto dessa reação química é o carbonato de cálcio (CaCO₃), que, ao ser produzido, reduz o pH do concreto, fazendo com que ele fique mais ácido e perca a camada passivadora. (CARMONA, 2005)

Figura 2 - Carbonatação do concreto



Fonte: Carmona, 2005

3.5.2. CORROSÃO DE ARMADURAS

A corrosão das armaduras é um processo contínuo que, uma vez iniciada com o processo de despassivação, pode gerar danos graves a toda a estrutura.

A passivação é uma fina camada de óxidos e hidróxidos com pH entre 12,5 e 13,5 ao redor da barra de aço, que atuam como proteção contra corrosão (CARMONA, 2005). Com a redução do pH devido à carbonatação, a camada passivadora deixa de existir e a armadura fica exposta a ataques químicos.

Dependendo do grau de agressividade ambiental (Tabelas 2 e 3), o cobrimento pode variar, sendo este a camada de concreto na estrutura que cobre a barra de aço, protegendo de ataques químicos e físicos. Por ser um concreto muito alcalino, além de reduzir a presença de água e oxigênio em seu interior, ele protege a armadura evitando que o processo de oxidação se inicie.

Tabela 2 - Agressividade ambiental

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana ^{1), 2)}	Pequeno
III	Forte	Marinha ¹⁾	Grande
		Industrial ^{1), 2)}	
IV	Muito forte	Industrial ^{1), 3)}	Elevado
		Respingos de maré	

¹⁾ Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

²⁾ Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.

³⁾ Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

Fonte: NBR 6118

Tabela 3 - Correspondência entre classe de agressividade ambiental e cobrimento nominal

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (tabela 6.1)			
		I	II	III	IV ³⁾
		Cobrimento nominal mm			
Concreto armado	Laje ²⁾	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
Concreto protendido ¹⁾	Todos	30	35	45	55

¹⁾ Cobrimento nominal da armadura passiva que envolve a bainha ou os fios, cabos e cordoalhas, sempre superior ao especificado para o elemento de concreto armado, devido aos riscos de corrosão fragilizante sob tensão.

²⁾ Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento tais como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros tantos, as exigências desta tabela podem ser substituídas por 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal ≥ 15 mm.

³⁾ Nas faces inferiores de lajes e vigas de reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, a armadura deve ter cobrimento nominal ≥ 45 mm.

Fonte: NBR 6118

Uma vez que o cobrimento é insuficiente ou a porosidade do concreto é muito alta, agentes corrosivos podem infiltrar no concreto, atacando a armadura e desencadeando o processo de corrosão.

A corrosão das armaduras de aço se dá principalmente por cobrimento insuficiente e pela alta porosidade do concreto, fazendo com que a umidade e o gás carbônico adentrem a estrutura e atinjam as barras de aço. Ao atingir a armadura, a água e o CO₂ fazem com que o aço libere um elétron e gere uma diferença de potencial, estimulando o efeito da corrosão em outros pontos, assemelhando-se a uma pilha.

Iniciada a corrosão, as barras de aço sofrem um aumento de seção, o que cria um aumento de tensões no interior do concreto e faz com que ele fissure e comece a deslocar, já que o concreto possui baixa resistência à tração.

3.5.3. JUNTAS

As juntas de movimentação têm por função limitar as dimensões do painel de alvenaria a fim de que não ocorram elevadas concentrações de tensões em função das deformações intrínsecas do mesmo. Essas deformações podem ter sua origem em movimentações higroscópicas (capacidade dos materiais de absorver e liberar água), modificando o volume quando varia o conteúdo de umidade; em variações de temperatura; ou em processos químicos, como reações de expansão de materiais presentes nas juntas e ou blocos. (VILATÓ, 1998)

Antunes e Barros (2003) explicam que as juntas de dessolidarização consistem na aplicação de uma folha de polietileno expandido entre o pavimento e os elementos citados, à exceção dos pilares, permitindo assim a acomodação dos movimentos da laje.

3.5.4. FISSURAS, TRINCAS E RACHADURAS

Quando o assunto é patologia das construções, trincas, fissuras e rachaduras são as que mais chamam atenção em uma construção. Essas anomalias são aberturas em elementos construtivos, podendo ser estruturais ou de vedação, causadas principalmente por esforços ou reações que não foram capazes de ser absorvidas.

Esse tipo de patologia pode ser encontrado tanto no interior quanto na parte externa de uma edificação. Segundo Thomaz (1949, p.15):

O problema das trincas é devido a três aspectos fundamentais: o aviso de um eventual estado perigoso para a estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em serviço e o constrangimento psicológico que a fissuração do edifício exerce sobre seus usuários.

Vitório (2003) classifica as aberturas de acordo com a espessura da abertura, a saber:

- Fissura é uma abertura em forma de linha que aparece nas superfícies de qualquer material sólido, proveniente da ruptura sutil de parte de sua massa, com espessura de até 0,5mm.
- Trinca é uma abertura em forma de linha que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de evidente ruptura de parte de sua massa, com espessura de 0,5mm a 1,00mm.
- Rachadura é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, podendo-se “ver” através dela, e cuja espessura varia de 1,00mm até 1,5mm.
- Fenda é uma abertura expressiva que aparece na superfície de qualquer material sólido, proveniente de acentuada ruptura de sua massa, com espessura superior a 1,5mm.

3.5.5. DESPLACAMENTO DO REVESTIMENTO CERÂMICO

Revestimentos cerâmicos, estando em fachadas ou no interior de um cômodo, têm papel fundamental de contribuir de maneira positiva para a durabilidade da edificação. Além de suas características visuais, eles podem proteger a edificação contra umidade, temperatura e intempéries.

Como dito anteriormente, trincas e fissuras podem desencadear várias manifestações patológicas, sendo uma delas o deslocamento de revestimentos. Geralmente esse tipo de problema advém de infiltrações vindas de canos ou chuvas, estendendo-se até mão de obra desqualificada e utilização indevida da argamassa.

Dessa forma, o correto diagnóstico a esse tipo de manifestação patológica poderá exigir uma série de ensaios, por exemplo, o ensaio de arrancamento e o de percussão, que muitas vezes o proprietário ou o síndico não estão dispostos a pagar. Abrindo mão desses ensaios, o posicionamento do engenheiro pode ficar incompleto ou duvidoso, uma vez que o critério utilizado para a elaboração do laudo será somente o embasamento teórico e a análise visual.

3.5.6. EFLORESCÊNCIA

De acordo com a NBR 15310 (ABNT 2009) eflorescência é um depósito cristalino de sais solúveis sobre a superfície das telhas, resultante de migração de água desde o interior e sua evaporação na superfície.

Esse fenômeno pode ocorrer em vários elementos construtivos, podendo ser em alvenarias, telhas, vigas, lajes, cerâmicas, entre outros. Nos laudos apresentados neste trabalho, essa manifestação patológica ocorre principalmente em fachadas.

Eflorescências são depósitos salinos que se formam na superfície de materiais cerâmicos, resultantes da migração e posterior evaporação de soluções aquosas salinizadas. Os sais solúveis que dão origem às eflorescências podem ter várias origens, dentre elas as matérias-primas, os materiais de construção, a água existente no subsolo, etc. MENEZES et al. (2006), completa, dizendo que as eflorescências causam degradação microestrutural apenas nas zonas próximas à superfície, bem como degradação estética no produto cerâmico. Os danos na aparência das construções intensificam-se quando há um contraste de cor entre os depósitos de sais e a alvenaria.

3.5.7. FLECHAS

Em vigas de concreto armado, flecha é o nome dado ao deslocamento (δ) realizado pela estrutura devido à sobrecarga ou ao peso próprio.

No entanto, em projetos de engenharia esse deslocamento é previsto e a NBR 6118 padroniza esses deslocamentos de acordo com o vão de pilar a pilar e com o tipo de utilização da construção (Tabela 4a e 4b)

Tabela 4a - Deslocamento limite permitido

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Aceitabilidade sensorial	Visual	Deslocamentos visíveis em elementos estruturais	Total	//250
	Outro	Vibrações sentidas no piso	Devido a cargas acidentais	//350
Efeitos estruturais em serviço	Superfícies que devem drenar água	Coberturas e varandas	Total	//250 ^a
	Pavimentos que devem permanecer planos	Ginásios e pistas de boliche	Total	//350+ contraflecha ^b
			Ocorrido após a construção do piso	//600
Elementos que suportam equipamentos sensíveis	Laboratórios	Ocorrido após nivelamento do equipamento	De acordo com recomendação do fabricante do equipamento	
Efeitos em elementos não estruturais	Paredes	Alvenaria, caixilhos e revestimentos	Após a construção da parede	//500 ^c e 10 mm e $\theta = 0,0017 \text{ rad}^d$
		Divisórias leves e caixilhos telescópicos	Ocorrido após a instalação da divisória	//250 ^c e 25 mm
		Movimento lateral de edifícios	Provocado pela ação do vento para combinação frequente ($\psi_1 = 0,30$)	$H/1700$ e $H/850^e$ entre pavimentos ^f
		Movimentos térmicos verticais	Provocado por diferença de temperatura	//400 ^g e 15 mm

Tabela 4b - (continuação)

Tipo de efeito	Razão da limitação	Exemplo	Deslocamento a considerar	Deslocamento-limite
Efeitos em elementos não estruturais	Forros	Movimentos térmicos horizontais	Provocado por diferença de temperatura	$H/500$
		Revestimentos colados	Ocorrido após a construção do forro	$l/350$
		Revestimentos pendurados ou com juntas	Deslocamento ocorrido após a construção do forro	$l/175$
	Pontes rolantes	Desalinhamento de trilhos	Deslocamento provocado pelas ações decorrentes da frenagem	$H/400$
Efeitos em elementos estruturais	Afastamento em relação às hipóteses de cálculo adotadas	Se os deslocamentos forem relevantes para o elemento considerado, seus efeitos sobre as tensões ou sobre a estabilidade da estrutura devem ser considerados, incorporando-os ao modelo estrutural adotado.		
<p>^a As superfícies devem ser suficientemente inclinadas ou o deslocamento previsto compensado por contraflechas, de modo a não se ter acúmulo de água.</p> <p>^b Os deslocamentos podem ser parcialmente compensados pela especificação de contraflechas. Entretanto, a atuação isolada da contraflecha não pode ocasionar um desvio do plano maior que $l/350$.</p> <p>^c O vão l deve ser tomado na direção na qual a parede ou a divisória se desenvolve.</p> <p>^d Rotação nos elementos que suportam paredes.</p> <p>^e H é a altura total do edifício e H_2 o desnível entre dois pavimentos vizinhos.</p> <p>^f Esse limite aplica-se ao deslocamento lateral entre dois pavimentos consecutivos, devido à atuação de ações horizontais. Não podem ser incluídos os deslocamentos devidos a deformações axiais nos pilares. O limite também se aplica ao deslocamento vertical relativo das extremidades de lintéis conectados a duas paredes de contraventamento, quando H_2 representa o comprimento do lintel.</p> <p>^g O valor l refere-se à distância entre o pilar externo e o primeiro pilar interno.</p> <p>NOTAS</p> <p>1 Todos os valores-limites de deslocamentos supõem elementos de vão l suportados em ambas as extremidades por apoios que não se movem. Quando se tratar de balanços, o vão equivalente a ser considerado deve ser o dobro do comprimento do balanço.</p> <p>2 Para o caso de elementos de superfície, os limites prescritos consideram que o valor l é o menor vão, exceto em casos de verificação de paredes e divisórias, onde interessa a direção na qual a parede ou divisória se desenvolve, limitando-se esse valor a duas vezes o vão menor.</p> <p>3 O deslocamento total deve ser obtido a partir da combinação das ações características ponderadas pelos coeficientes definidos na Seção 11.</p> <p>4 Deslocamentos excessivos podem ser parcialmente compensados por contraflechas.</p>				

Fonte: NBR 6118

Em alguns casos, esses deslocamentos podem ser prejudiciais à vida útil da edificação devido a mau uso, má execução ou materiais de baixa qualidade, cabendo ao engenheiro dizer se as flechas observadas são ou não prejudiciais à estrutura.

4. METODOLOGIA

Para a elaboração do presente trabalho de conclusão de curso de Engenharia Civil, do UniCEUB, serão analisados 5 laudos de engenharia: 2 edifícios até 10 anos, 1 edifício de 20 anos, 1 edifício de 30 anos e 1 edifício de 40 anos, todos vistoriados em Nível 2 de inspeção.

O gráfico que será gerado terá em seu eixo X a idade da edificação, enquanto que, no eixo Y, será a quantidade de vezes que cada manifestação patológica é identificada no empreendimento.

Esses materiais foram disponibilizados pelo professor com a finalidade de contribuir com os dados utilizados para a obtenção dos gráficos gerados.

Cada laudo será lido separadamente a fim de não ter conflito de informações de laudo para laudo.

4.1. Análise dos Laudos

Para os dados utilizados no gráfico da figura 3, será quantificado o número de vezes que cada manifestação patológica é encontrada nas edificações em estudo, levando em consideração se as edificações passaram por reformas ou não.

De acordo com a tabela 5, as manifestações patológicas encontradas com maior frequência são:

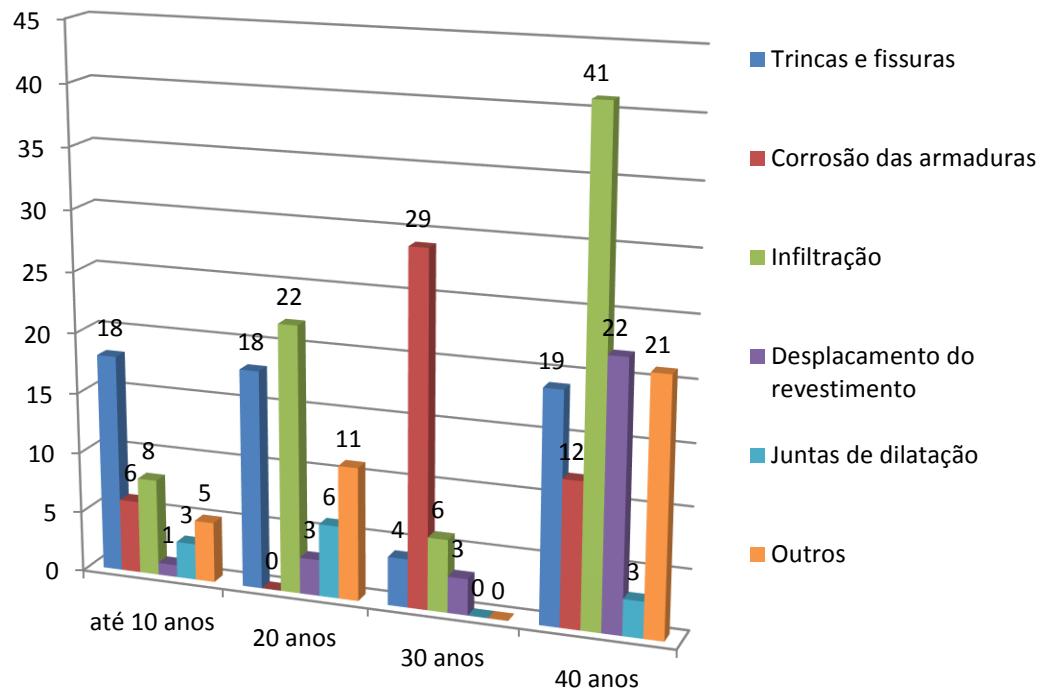
- Trincas e fissuras
- Corrosão das armaduras
- Infiltração
- Desplacamento do revestimento
- Juntas de dilatação ressecadas
- Outros (SPDA, SPCI, Gesso, Tela de proteção, Contrapiso, etc.)

5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Com a análise de cada laudo, foi possível chegar ao gráfico da Figura 3, que mostra a quantidade de manifestações patológicas encontradas em cada edificação dos laudos em estudo (Tabela 5).

Figura 3 - Gráfico Idade X Manifestações Patológicas

Idade X Manifestações Pat.



Fonte: Autor

Tabela 5 - Dados das edificações

ONDE	ANOMALIAS	Nº	IDADE DA EDIFICAÇÃO (anos)	REFORMA
São Mateus - ES	Trincas e fissuras	3	3	NÃO
	Corrosão de armaduras	6		
	Infiltração	5		
	Desplacamento de revestimento	0		
	Juntas de ditalatação ressecadas	3		
	Outros	5		
Luziânia - GO	Trincas e fissuras	15	10	NÃO
	Corrosão de armaduras	0		
	Infiltração	3		
	Desplacamento de revestimento	1		
	Juntas de ditalatação ressecadas	0		
	Outros	1		
311 Norte	Trincas e fissuras	18	20	SIM
	Corrosão de armaduras	0		
	Infiltração	22		
	Desplacamento de revestimento	3		
	Juntas de ditalatação ressecadas	6		
	outros	11		
116 Norte	Trincas e fissuras	4	30	NÃO
	Corrosão de armaduras	29		
	Infiltração	6		
	Desplacamento de revestimento	3		
	Juntas de ditalatação ressecadas	0		
	Outros	0		
103 Sul	Trincas e fissuras	19	40	SIM
	Corrosão de armaduras	12		
	Infiltração	41		
	Desplacamento de revestimento	22		
	Juntas de ditalatação ressecadas	3		
	Outros	21		

Fonte: Autor

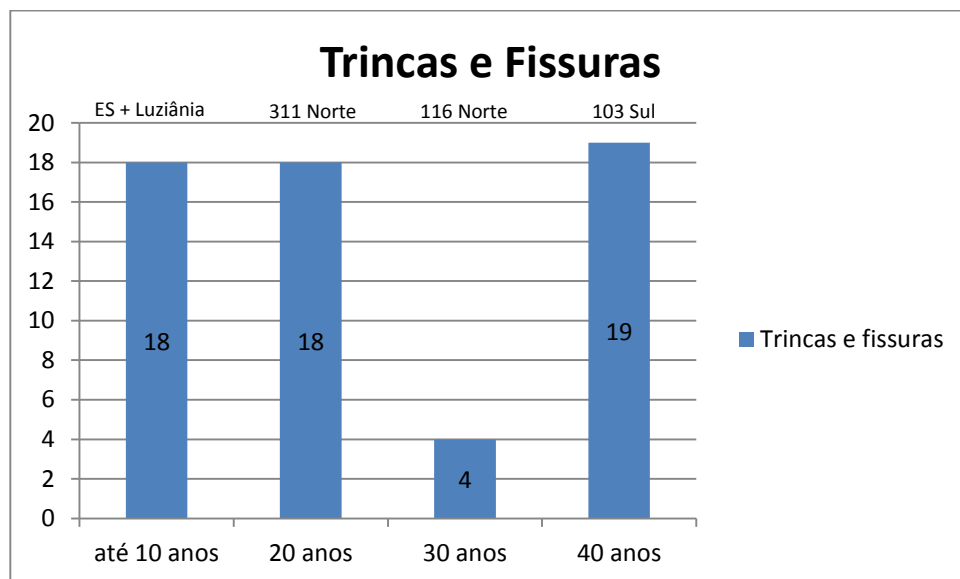
Nitidamente o gráfico mostra que, com o avançar do tempo de uso da edificação, maior é o número de manifestações patológicas encontradas.

Vale ressaltar que as manifestações patológicas estão conectadas umas com as outras, ou seja, cada uma delas pode ter sido o gatilho para desencadear todas as outras, sendo necessária a avaliação do Grau de Risco de todas elas, como apresentado no item 3.2 deste trabalho.

5.1. Trincas e Fissuras

Essas manifestações patológicas foram encontradas em todos os laudos analisados e praticamente em quantidades iguais (Figura 4), com exceção do prédio de 30 anos em que, apesar de não ter passado por reforma, a quantidade de trincas e fissuras encontradas foi baixa.

Figura 4 - Gráfico de trincas e fissuras



Fonte: Autor

Neste laudo, as principais causas das trincas e fissuras foram decorrentes das alterações químicas da carbonatação do concreto, que, como dito anteriormente, induz à corrosão da armadura e consequente expansão da barra de aço, como mostrado na figura 5.

Figura 5 - Trinca por expansão da barra de aço – Laudo da 116 norte



Fonte: Oliveira, 2016

No laudo da 103 Sul, mesmo já tendo passado por reforma, as manifestações patológicas foram, em sua maioria, nos revestimentos, nas esquadrias e pinturas, e não são de grande relevância do ponto de vista estrutural. No entanto, na casa de máquinas (Figura 6), as trincas no piso foram em função das tensões de deformação oriundas das bombas dos elevadores, que não foram absorvidas.

Figura 6 - Trinca no piso da 103 sul



Fonte: Oliveira, 2018

Já no laudo da 311 Norte a edificação já tinha passado por reforma, como no anterior. Na fachada observaram-se trincas em diagonal, sugerindo mau dimensionamento das vergas ou a falta delas. Já nos apartamentos, as trincas e fissuras foram ocasionadas por movimentação estrutural das vigas em balanço, mesmo motivo do laudo de Luziânia.

Em apenas um apartamento foi detectado depósitos não previstos de objetos nas lajes em balanço (Figura 7), gerando flechas maiores do que as previstas e agravando ainda mais esse problema.

Figura 7 - Acúmulo de caixas sobre laje em balanço na 311 norte



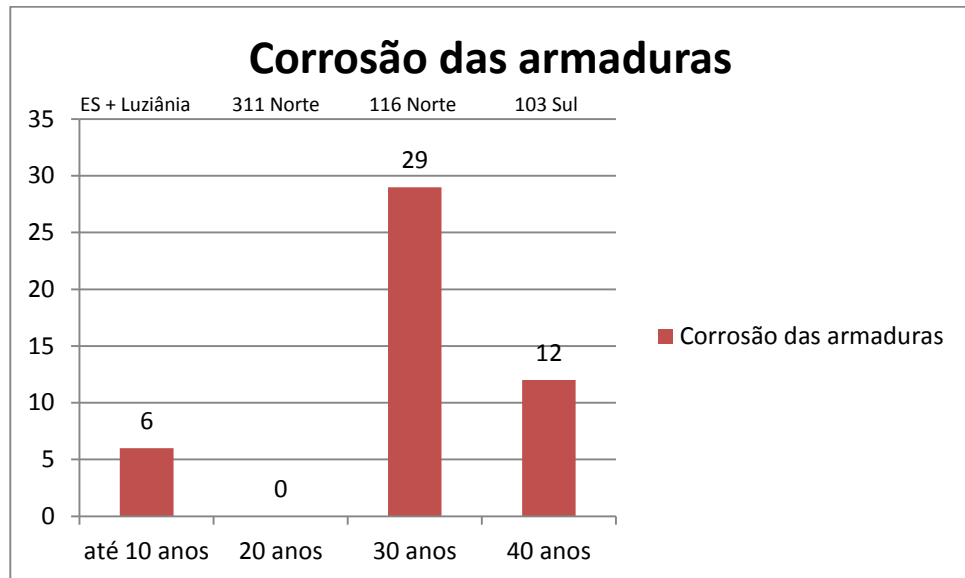
Fonte: Oliveira, (2016)

No relatório do estado do Espírito Santo, as trincas e fissuras foram categoricamente por má execução da estrutura.

5.2. Corrosão das Armaduras

A corrosão das armaduras foi um problema frequente em praticamente todos os laudos em estudo (Figura 8), com exceção do laudo da 311 Norte, que, apesar de ser um edifício com muitos problemas de trincas e infiltrações, passou por uma reforma na fachada, local propício à entrada de água, e na garagem, local com alta concentração de CO₂, um dos agente causadores da corrosão.

Figura 8 - Gráfico de corrosão das armaduras



Fonte: Autor

Já no Centro de Convenções de Luziânia, apesar do grande número de trincas e fissuras e infiltrações, não foi detectada essa manifestação patológica.

A obra do Espírito Santo, apesar de ser uma obra nova, foi abandonada durante a sua execução. Por esse motivo, não tinha nenhum tipo de revestimento nas paredes ou pisos, contribuindo ainda mais para o agravamento dessas manifestações patológicas (Figura 9).

Figura 9 - Pilar sem revestimento em São Mateus



Fonte: Laranja, (2013)

Já no edifício de 30 anos, da 116 Norte, a corrosão das armaduras foi a manifestação patológica predominante. Apesar de não terem sido encontradas muitas trincas e fissuras, foi constatado que a principal causa da ocorrência de corrosão das armaduras nesse prédio foi a espessura insuficiente do concreto de cobertura, facilitando a ação de agentes agressivos na armadura. (Figura 10)

Figura 10 - Viga com cobertura insuficiente na 116 norte

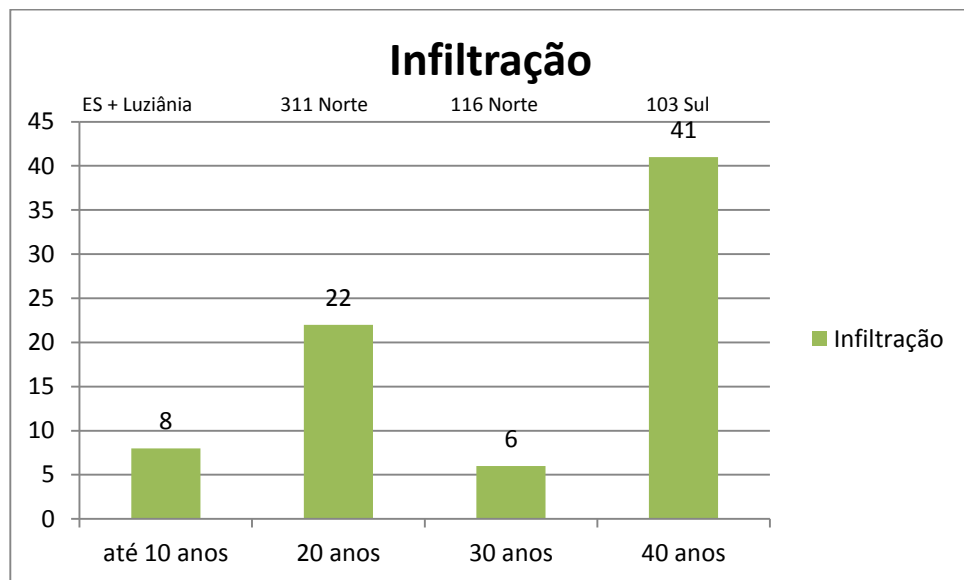


Fonte: Oliveira, (2016)

Pelo elevado número de infiltrações no edifício da 103 Sul (Figura 11) e por estar em um ambiente agressivo, a maior parte das corrosões encontradas foi no subsolo do prédio, ainda que, em sua maioria, o cobrimento estava de acordo com a norma vigente na época de construção do edifício.

5.3. Infiltração

Figura 11 - Gráfico de infiltrações



Fonte: Autor

As infiltrações foram encontradas com frequência em todos os edifícios vistoriados e em quantidades variadas. Novamente o prédio da 116 Norte apresentou um número relativamente baixo desse tipo de manifestação patológica, levando em consideração a sua idade. O principal motivo das infiltrações foi falha de impermeabilização e falta de ralos nas lajes de avanço, permitindo que a água se acumulasse e se infiltrasse na parede (Figuras 12 e 13).

Figura 12 - Infiltração na laje da 116 norte



Fonte: Oliveira, (2016)

Figura 13 - Falha no sistema de impermeabilização na 116 norte



Fonte: Oliveira, (2016)

Todavia, os prédios de até 10 anos apresentaram mais manifestações patológicas do que o prédio de 30 anos. Por serem edifícios mais recentes, não deveriam ter essa quantidade de infiltrações. A movimentação estrutural e a má execução foram a explicação do número ser tão próximo.

Já nos dois prédios que passaram por reforma, foi encontrado um número muito superior dessas manifestações patológicas.

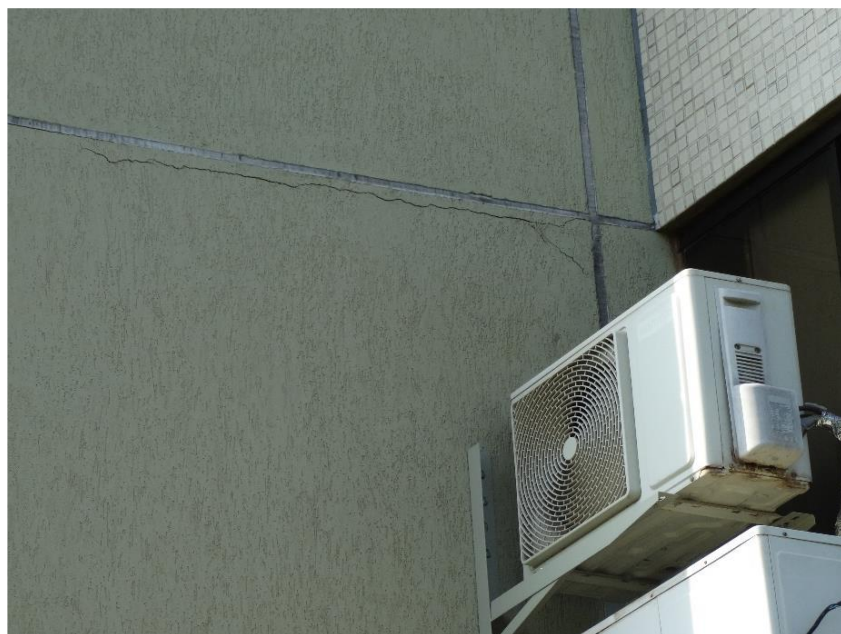
No edifício da 311 Norte, as infiltrações foram ocasionadas por trincas e fissuras nos revestimentos e falhas na passagem das tubulações de água e esgoto (Figuras 14 e 15).

Figura 14 - Falha na passagem das tubulações da 311 norte



Fonte: Oliveira, (2016)

Figura 15 - Trincas no revestimento da 311 norte



Fonte: Oliveira, (2016)

E no edifício da 103 Sul, a falta de rejunte nas peças cerâmicas e os problemas no sistema de impermeabilização da cobertura foram responsáveis pelos 41 pontos de infiltração encontrados. (Figuras 16 e 17).

Figura 16 - Falta de rejunte no piso da 103 sul



Fonte: Oliveira, (2018)

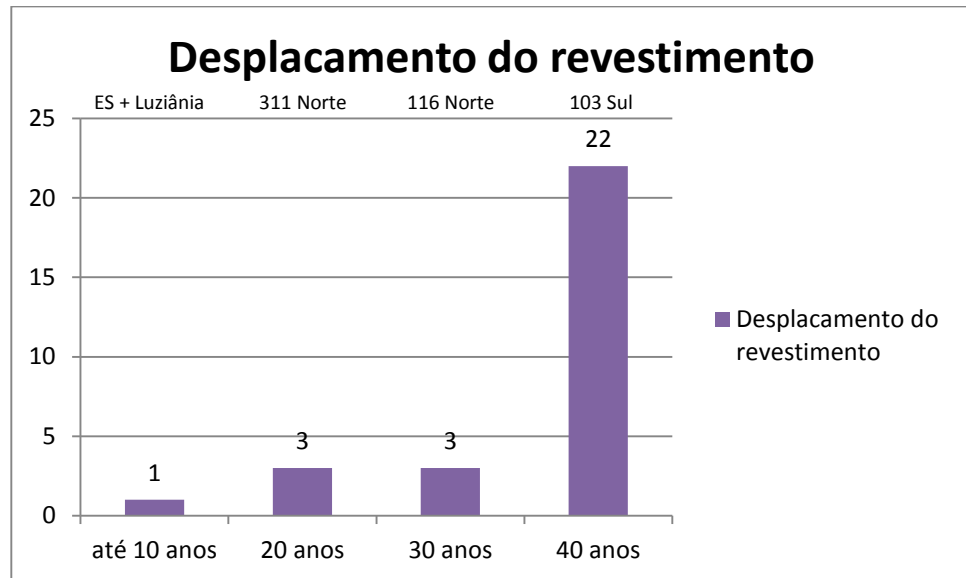
Figura 17 - Falha no sistema de impermeabilização na 103 sul



Fonte: Oliveira, (2018)

5.4. Deslocamento do Revestimento

Figura 18 - Gráfico do deslocamento cerâmico



Fonte: Autor

Já no deslocamento de revestimento cerâmico ou argamassado, os resultados encontrados foram satisfatórios, uma vez que o número dessas manifestações patológicas foi aumentando proporcionalmente à idade do edifício (Figura 18).

Em todas as edificações, o motivo dos deslocamentos foram trincas, infiltrações (Figura 19) e juntas de movimentação com problemas, com exceção do prédio da 116 Norte onde foram identificadas inadequações durante o processo executivo.

Figura 19 - Deslocamento de revestimento cerâmico – Laudo da 103 sul

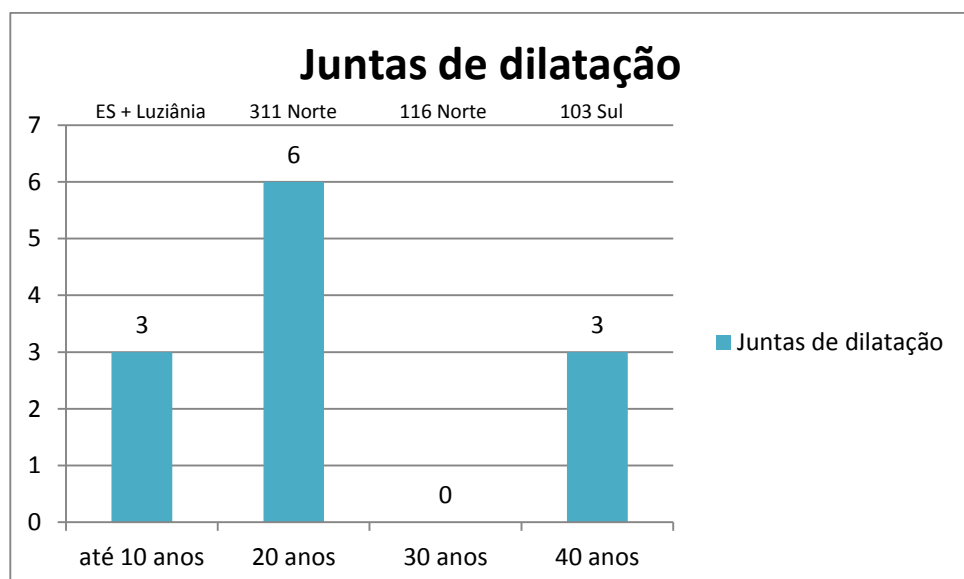


Fonte: Oliveira, (2018)

Destaca-se que um edifício de 30 anos sem manutenção teve a mesma quantidade de deslocamento de revestimento que um edifício de 20 anos, que já havia passado por manutenção.

5.5. Juntas de dilatação

Figura 20 - Gráfico das juntas de dilatação



Fonte: Autor

Por último, o único laudo em que não foram encontrados problemas nas juntas de movimentação do edifício foi o prédio da 116 Norte. Em todos os outros, o maior problema foi o ressecamento e a falta de manutenção desse elemento construtivo. Com o passar dos anos em contato com as intempéries, as juntas de dilatação vão se ressecando e perdendo eficiência (Figura 21).

Figura 21 - Pilar com junta praticamente inexistente – Laudo da 103 sul



Fonte: Oliveira, (2018)

Percebe-se que, apesar de nenhum dos dois edifícios ter passado por reforma, o prédio da 116 Norte, que tem 30 anos, não tem problema algum com juntas de dilatação, se comparado aos edifícios do Espírito Santo e Luziânia. Por outro lado, dos que passaram por reforma, o edifício mais novo, com 20 anos, possui o dobro de manifestações patológicas, se comparado ao edifício de 40 anos.

6. CONCLUSÃO

Apesar de não ser um número ideal de laudos, tendo em vista que a maioria das empresas não fornecem documentos, por questões de confidencialidade, a quantidade obtida foi suficiente para a obtenção dos resultados.

De maneira geral, o edifício da 116 Norte, apesar de não ter passado por nenhuma reforma estética ou estrutural, implicando nas manifestações patológicas

encontradas, teve um baixo número de anomalias catalogadas, com exceção da corrosão das armaduras.

Já no edifício de 40 anos, que já passou por reforma, e nos edifícios de 10 anos, que são construções novas, foi encontrado um elevado número de manifestações patológicas.

O edifício da 311 norte também passou por reformas estéticas mas apresentou um número elevado de manifestações patológicas, em especial, aberturas e infiltrações. Por ser um edifício de 20 anos, não era de se esperar essa quantidade de anomalias.

Dessa forma, fica perceptível que, nos casos analisados, o proprietário ou o síndico do prédio não segue as especificações do manual do proprietário, que, por sua vez, contém todas as instruções de uso e manutenção de uma edificação.

Por esse motivo, caso fossem seguidas as orientações desse documento, era de se esperar que não fossem encontradas manifestações patológicas tão graves nas edificações em estudo.

Nos casos citados, as manifestações patológicas foram encontradas e estudadas em construções que possuíam as estruturas de concreto armado e as vedações de alvenaria comum. No entanto, não se pode afirmar que os resultados encontrados serão os mesmo para edificações com sistemas construtivos diferentes.

Sendo assim, conclui-se que o edifício de 30 anos foi bem construído e que o de 40 anos já tem idade suficiente para aparecerem as anomalias apresentadas, considerando que a reforma feita foi apenas estética, não afetando em nada sua estrutura.

7. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho teve a finalidade de analisar cinco laudos técnicos de engenharia civil a fim de estabelecer uma relação entre a idade do edifício e as manifestações patológicas encontradas.

Para trabalhos futuros, sugere-se a análise de maior número de laudos a fim de se fazer um levantamento percentual da probabilidade de cada manifestação patológica aparecer em edifícios de tempos de uso diferentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, J. A. B.; BARROS, Joaquim AO. Juntas em pavimentos de edifícios industriais. **Seminário sobre dimensionamento de estruturas de betão reforçado com fibras de aço**, p. 14.1-14.21, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14037: **Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação**. Rio de Janeiro, 2011

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14653-1: **Avaliação de bens – Parte 1: Procedimentos Gerais**. Rio de Janeiro, 2001

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15310: **Componentes cerâmicos — Telhas — Terminologia, requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2005

CARMONA, Thomas G. **Modelos de Previsão de Despassivação das Armaduras em Estruturas de Concreto Sujeitas à Carbonatação**. 2005. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade de São Paulo PCC.USP, São Paulo.

CORSINI, R. **Trincas ou fissuras?**, 2010. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx>>. Acesso em 18 de setembro

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira. **Engenharia x Medicina**, 2009. Disponível em <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/99/engenharia-diagnostica-engenharia-x-medicina-283666-1.aspx>> (Acesso em 28 de agosto)

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; NETO, JCPF; GULLO, Marco Antoriio. **Inspeção predial na engenharia diagnóstica**, 2011. Disponível em

<<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/116/inspecao-predial-na-engenharia-diagnostica-nova-geracao-da-inspecao-282490-1.aspx>> (Acesso em 9 de abril).

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; NETO, JCPF; GULLO, Marco Antoriio. **Normas Técnicas para Engenharia Diagnóstica em edificações**. Editora PINI, 2009.

GOMIDE, Tito Lívio Ferreira; NETO, Jerônimo Cabral P. Fagundes; GULLO, Marco Antonio. **Inspeção Predial Total. Diretrizes e Laudos no Enfoque da Qualidade Total**. São Paulo: Pini, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA – IBAPE. **Norma de inspeção predial nacional**. São Paulo, 2012.

MENEZES, R. R. et al. **Sais solúveis e eflorescência em blocos cerâmicos e outros materiais de construção – revisão**. São Paulo, SP: Associação Brasileira de Cerâmica, 2006.

PINHEIRO, Lorena Borsato. **Avaliação de desempenho estrutural de edificação com aplicação de ensaios não destrutivos**. 2010. Tese (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário de Brasília, Distrito Federal.

SILVA, Fernando Benigno da. **Patologia a construções: uma especialidade na engenharia civil**. Paraná, ed. 174, p. 19, set. 2011.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo: Pini, 2009, 257 p.

THOMAZ, Ercio. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação**. São Paulo, PINI, 1949.

VILATÓ, Rolando Ramirez; FRANCO, Luiz Sérgio. As juntas de movimentação na alvenaria estrutural. **São Paulo: UPUSP, Boletim técnico. 11p**, 1998.

VITÓRIO, Afonso. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Recife, 2003. Disponível em: <http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf> . Acesso em: 20 de setembro de 2018.