https://doi.org/10.4322/CBPAT.2022.037

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO PELO MÉTODO GDE/UNB: ESTUDO DE CASO EM UMA EDIFICAÇÃO HABITACIONAL EM SALVADOR, BAHIA

Gabriel Azevedo Sá[1]*
*Autor de contato: gabrielsa.engenharia@gmail.com

[1] Engenheiro Civil – Especialista em Gerenciamento de Obras, GAS Engenharia, Salvador, Brasil

RESUMO

As construções constituídas por estruturas em concreto armado são predominantes na sociedade brasileira há algumas décadas. Com o passar do tempo e o consequente envelhecimento das edificações, sendo muitas delas construídas sob métodos hoje defasados e sem as devidas manutenções, há uma preocupação relevante do meio acadêmico na busca por um melhor entendimento da degradação das estruturas e por técnicas de avaliações mais precisas. Por estes fatores, o presente trabalho possui o objetivo de avaliar a condição atual de uma edificação habitacional em Salvador/BA. A metodologia GDE/UnB, versão modificada por Fonseca (2007), foi utilizada com o intuito de identificar e classificar por nível de urgência a eventual necessidade de intervenção em estruturas, incluindo a determinação de um prazo estimado, através de uma avaliação quantitativa do grau de degradação causado pelas manifestações patológicas observadas. As normas atuais, principalmente a recém-publicada norma de inspeção predial, a ABNT NBR 16747:2020, apresentam roteiros para inspeções de edificações, entretanto, os resultados obtidos após as análises podem gerar grande subjetividade a depender do entendimento de cada profissional. A referida publicação, assim como outras diretrizes oriundas de diversas entidades, têm uma preocupação maior em determinar metodologias úteis para priorização de ações de intervenção, mas sem indicar um prazo máximo para isso. Logo, atestou-se a eficácia da metodologia para a avaliação estrutural de edificações residenciais e conclui-se que a estrutura deste caso possui um grau crítico de deterioração (Gd), devendo ser planejada uma intervenção imediata.
Palavras-chave: concreto; manifestações patológicas; deterioração; inspeção; durabilidade.

ABSTRACT

Constructions of reinforced concrete have been prevalente in Brazil for some decades. The aging of buildings, many of them being built using outdated methods and without maintenance, there is a concern of the academics in the search for a better understanding of the degradation of structures and for more accurate evaluation techniques. This paper has the objective of evaluating the current condition of a residential building in Salvador/BA. The GDE/UnB methodology, version by Fonseca (2007), was used to identify and classify by level of urgency some need for intervention in structures, including the determination of an estimated deadline, through a quantitative evaluation of the degradation caused by the pathological manifestations. The current standards, especially the recently published building inspection standard, ABNT NBR 16747:2020, provide guidelines for building inspections, however, the results obtained after the analyzes can generate subjectivity depending on the understanding of each professional. This publication, as well as other guidelines from various entities, are more concerned with determining useful methodologies for prioritizing intervention actions, but without indicating a maximum deadline for this. Therefore, the effectiveness of the methodology for the structural evaluation of residential buildings was attested and it was concluded that the structure of this case has a critical degree of deterioration (Gd), and an immediate intervention should be planned.
Keywords: concrete; pathological manifestations; degradation; inspection; durability.

1. INTRODUÇÃO

O concreto armado é empregado em grande parte das estruturas presentes nas construções brasileiras. A necessidade de uma mão de obra menos especializada, o bom custo-benefício dos materiais constituintes e a maior facilidade de manutenção em comparação às estruturas de madeira, aço ou alvenaria autoportante favorecem a utilização em massa deste tipo de solução estrutural.

A evolução do setor construtivo no entendimento sobre a durabilidade das construções possibilitou a preferência pelo concreto armado em relação ao aço, a madeira e o bloco cerâmico. A proteção do aço pelo concreto é um dos fatores preponderantes para mitigar a agressividade sofrida por este material pelo ambiente externo. (RIBEIRO, 2020)

Entretanto, apesar das inúmeras vantagens, a aplicação generalizada destes elementos em diversos ambientes sob a ação de variadas solicitações mecânicas possibilitou a identificação de mecanismos de deterioração que propiciam a perda de desempenho das peças, assim gerando custos de manutenção e recuperação. Os problemas de deterioração detectados são oriundos, em grande parte, por erros de projetos – podendo ser gerados por prescrições incorretas presentes em normas antigas quanto ao cobrimento, por exemplo – e falhas na execução e na manutenção, afinal nenhum material possui durabilidade eterna. (TUTIKIAN E HELENE, 2019)

Na cidade de Salvador/BA, local onde este estudo foi realizado, é corriqueiro observar edificações atingidas por manifestações patológicas relacionadas à deterioração das estruturas de concreto armado. Por se tratar de uma cidade litorânea e com alta influência da maritimidade, a realização de inspeções periódicas é indispensável para avaliar o desempenho dos componentes estruturais.

Vale ressaltar que este estudo possui limitações quanto à sua aplicação em edificações residenciais devido ao reduzido número de trabalhos verificados, fazendo-se necessária a utilização em mais casos similares para atestar sua eficácia, principalmente na cidade de Salvador. Vilas Boas, Silva et. al (2018) e Galvão e Silva (2021), sendo apenas o último realizado em território soteropolitano, desenvolveram estudos com edificações de tipologia similar a esta e constataram que predominam os problemas de corrosão de armaduras, fissuras, manchas, cobrimento deficiente e umidade.

Logo, este trabalho tem o objetivo de avaliar e analisar a condição física atual das estruturas de concreto armado em uma edificação residencial constituída por 7 pavimentos, localizada em Salvador/BA. A identificação das manifestações patológicas, após inspeção visual em áreas comuns do edifício, possibilita a avaliação quantitativa do grau de degradação das estruturas, aplicando-se a metodologia GDE/UnB, versão modificada por Fonseca (2007). Sua utilização permite determinar a urgência para realização de intervenções através da estipulação de um prazo que varia conforme o grau de criticidade das manifestações patológicas. Além disso, a possível influência de agentes agressivos e da falta de manutenção foi considerada no escopo desta análise. Também serão indicadas as próximas etapas necessárias para recuperar o desempenho das peças estruturais.

Por fim, como forma de entendimento e análise da condição física atual da estrutura estudada, é indispensável obter os dados estatísticos relativos aos resultados da aplicação desta metodologia, que indiquem os tipos de danos mais frequentes, níveis de deterioração encontrados e prazos de intervenção recomendados.

2. METODOLOGIA

2.1 Durabilidade

É comprovado que nenhuma estrutura possui durabilidade eterna, mesmo se forem realizadas as manutenções necessárias, pelo fato de estarem constantemente expostas a ação das intempéries, sobrecargas ou quaisquer outros tipos de processos de deterioração. Todas elas são projetadas para uma vida útil de projeto (VUP) mínima de 50 anos, segundo a NBR 15.575-1:2013. A VUP é uma estimativa teórica do tempo que o sistema atende aos requisitos de desempenho sob os quais foi projetado e deve ser determinada ainda na fase de projeto de acordo com a tipologia da construção e as normas vigentes aplicáveis. Para que se alcance a vida útil (VU), é necessário considerar alguns aspectos, vindo desde a concepção do projeto até a fase de manutenção.

Ribeiro (2020) define a durabilidade como a capacidade do material em resistir às solicitações impostas por mecanismos de degradação previstas na fase de elaboração do projeto estrutural, sejam eles de natureza física, química, biológica ou eletroquímica.

A NBR 6118:2014 preconiza que as estruturas, quando são utilizadas sob as condições ambientais e de uso previstas, devem atender à vida útil de projeto concebida pelo projetista, assim conservando a sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço. Portanto, é fundamental que a concepção da estrutura esteja alinhada às recomendações normativas e os conceitos de boas práticas, que garantam o desempenho da peça durante a vida útil, principalmente quando se trata na correta definição da classe de agressividade ambiental – observando o entorno da construção – e a especificação dos cobrimentos nominais das armaduras. Já na fase de manutenção, é indispensável a realização de inspeções periódicas para que sejam conhecidas as condições atuais do sistema vistoriado e assim possibilitar um correto diagnóstico das manifestações patológicas antes da execução dos serviços de reparo ou recuperação.

Entretanto, não há uma definição normativa para os prazos recomendados entre inspeções, exceto em algumas cidades que possuem legislação própria, como é o caso de Salvador. A lei municipal n° 5907, aprovada em 2001, determina um prazo máximo de 5 anos entre as inspeções em edifícios residenciais. Logo, vale ressaltar que, a legislação supracitada não diferencia a periodicidade de acordo com os diversos sistemas presentes numa construção desta tipologia. Neste sentido, a norma NBR 5674:2012 recomenda a verificação por empresa especializada da integridade estrutural de lajes, vigas e pilares a cada ano.

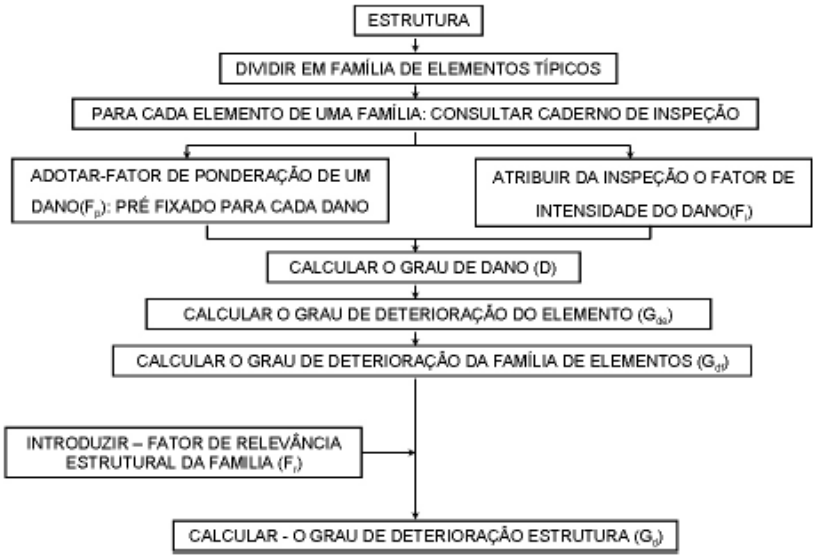
Vale abordar também as falhas oriundas da etapa de execução, as quais são responsáveis, por exemplo, por nichos de concretagem e manifestações patológicas por erro de dosagem ou contaminação de materiais. O planejamento bem elaborado, o acompanhamento técnico da execução realizado de forma eficaz e a qualificação da mão de obra envolvida são os aspectos mais decisivos para o sucesso do processo executivo de uma construção.

2.2 Metodologia GDE/UnB

A metodologia utilizada foi desenvolvida por Castro (1994) na Universidade de Brasília, sendo denominada como GDE/UnB, e possibilita a avaliação quantitativa das estruturas a partir do grau de deterioração dos danos. Após a aplicação em diversos casos, sofreu melhorias e modificações propostas por Lopes (1998), Boldo (2002), Fonseca (2007), Euqueres (2011) e Verly (2015) para ajuste de formulações e parâmetros, sendo a versão de Fonseca (2007) a escolhida para este estudo

por ser a mais abrangente e adequada para a edificação inspecionada. O método proposto por Fonseca (2007) deve ser executado de acordo com o fluxograma abaixo, contendo as etapas sequenciais e obrigatórias para se calcular o grau de deterioração das estruturas (Gd).

Figura 1 – Fluxograma de etapas do método GDE/UnB



Fonte: Fonseca (2007)

Primeiramente, deve ser seguido um Roteiro de Inspeção e preenchida uma preencher uma ficha descritiva com informações gerais da edificação. O processo é iniciado pelo cálculo do grau de dano (D) para cada manifestação patológica após divisão em famílias de elementos típicos (pilares, vigas, lajes, escadas, reservatórios, etc.), a aplicação de fatores de ponderação pré-fixados conforme o dano e a determinação pelo inspetor de um fator de intensidade de acordo com a classificação das lesões do elemento. Em seguida, calcula-se o grau de deterioração do elemento (Gde) a partir do valor máximo do grau de dano (Dmáx) entre todas as manifestações patológicas.

Figura 2 – Equações para cálculos dos graus de dano (D) e de deterioração (Gde)

$$D = 0{,}8\ F_i\ F_p \quad \text{para } F_i \leq 2{,}0$$

$$D = (12F_i - 28)\ F_p \quad \text{para } F_i \geq 3{,}0$$

$$G_{de} = D_{máx}\left[1 + \frac{\sum_{i=1}^{m} D_{(i)} - D_{máx}}{\sum_{i=1}^{m} D_{(i)}}\right]$$

Fonte: Fonseca (2007)

O cálculo realizado anteriormente permite que cada elemento estrutural seja classificado de acordo com um nível de deterioração específico explicitado na tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos níveis de deterioração da estrutura

Nível de deterioração	Gd	Ações a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva
Médio	15 - 50	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em longo prazo (máx. 2 anos)
Alto	50 - 80	Definir prazo/natureza para nova inspeção especializada. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 1 ano)
Sofrível	80 - 100	Definir prazo/natureza para nova inspeção especializada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 6 meses)
Crítico	> 100	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Fonte: Fonseca (2007)

O grau de deterioração da família de elementos (Gdf) é calculado a partir da interpretação dos valores de Gde com o auxílio das informações contidas na tabela 1. Desconsideram-se os elementos com nível de deterioração baixo (Gde inferior a 15), pois estes apresentam estado de conservação aceitável, assim necessitando somente de acompanhamento periódico ou manutenção simples.

Figura 3 – Equação para cálculo do grau de deterioração de uma família de elementos (G_{df})

$$G_{df} = G_{demáx}\left[\sqrt{1+\frac{\sum_{i=1}^{m} G_{de(i)} - G_{demáx}}{\sum_{i=1}^{m} G_{de(i)}}}\right]$$

Fonte: Fonseca (2007)

Em seguida, o fator de relevância estrutural da família (Fr) é introduzido como forma de considerar a importância relativa dos diferentes tipos de famílias de elementos que compõem a estrutura (FONSECA, 2007). Por fim, é o momento de calcular o grau de deterioração da estrutura (Gd), sendo utilizada a tabela 1 a fim de determinar o nível de deterioração global da estrutura e os prazos máximos para planejamento das intervenções necessárias.

Figura 4 – Fatores de Relevância Estrutural (F_r)

Famílias em Conjunto	*Fatores de Relevância Estrutural (F_r)*
Elementos de composição arquitetônica.	*1,0*
Reservatório superior.	*2,0*
Escadas/rampas, reservatório inferior, cortinas, lajes secundárias, juntas de dilatação.	*3,0*
Lajes, fundações, vigas secundárias, pilares secundários.	*4,0*
Vigas e pilares principais.	*5,0*

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^{K} F_{r(i)}\, G_{df(i)}}{\sum F_{r(i)}}$$

Fonte: Fonseca (2007)

3. ESTUDO DE CASO

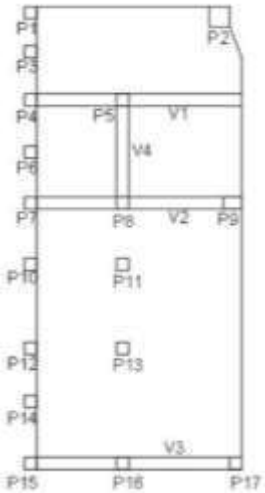
De acordo com as inspeções, o pavimento de garagem tem o maior número de manifestações patológicas estruturais. Por isso, determinou-se como fator limitante a este estudo a análise deste trecho por apresentar um grau de degradação representativo e sua estrutura ser mais exposta às intempéries, sendo um fator impactante na durabilidade dos elementos. As demais áreas não apresentam danos aparentes úteis para o referido trabalho. As inspeções serão realizadas com caráter sensorial (visual), assim não sendo capazes de indicar vícios ocultos ou sintomas que possam ser avaliados somente por ensaios específicos, como carbonatação, cloretos, RAA, etc.

A seguir serão discriminados todos os cálculos feitos para a avaliação da estrutura, sendo apresentadas as características relevantes da edificação, o cadastramento dos elementos analisados a partir de croqui da garagem e o registro fotográfico.

3.1 Ficha descritiva

A ficha descritiva da edificação e o croqui da área de estudo foram feitos de acordo com o roteiro disponibilizado por Fonseca (2007) e inspeções datadas de janeiro de 2021:

Figura 5 – Croqui dos elementos estruturais da garagem



Fonte: Autor (2021)

Tabela 2 – Ficha descritiva da edificação

FICHA DESCRITIVA	
Edificação	Edifício Amana
Localização	Rua Hélio Oliveira, 682, Santa Teresa, Salvador/BA
Uso	Residencial
Idade	32 anos
Pavimentos	7 unidades
Sistema construtivo	Estruturas de concreto armado moldados in loco.
Classe de agressividade	Classe III (NBR 6118:2014, tabela 6.1)
Observações	Reparos pontuais realizados sem a contratação de empresa especializada. A garagem sofre com infiltrações de umidade por falhas de impermeabilização no pavimento superior. Ausência de projetos estruturais

Fonte: Autor (2021)

3.2 Aplicação da metodologia GDE/UnB em edificação residencial

Num primeiro momento foram levantados todos os elementos visíveis presentes na garagem e ao final desta atividade, as peças estruturais com danos foram discriminadas e apontadas em vermelho conforme tabela 3.

Tabela 3 – Elementos estruturais com danos visíveis

ELEMENTOS ESTRUTURAIS COM DANOS																	
PILAR	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
VIGA	V1	V2	V3	V4													
LAJE	L1																

Fonte: Autor (2021)

A partir de uma breve análise, é possível identificar a presença de danos em 55% dos elementos, sendo um teor considerável em relação ao total. Entretanto, os cálculos para conhecimento dos níveis de deterioração individuais e da estrutura, contém uma maior objetividade para avaliação da degradação estrutural da edificação. A seguir é possível visualizar uma das tabelas elaboradas, de acordo com as recomendações de Fonseca (2007), para todos os elementos com danos e tem o objetivo de determinar o nível de deterioração atual por meio do cálculo do fator G_{de} já explicado neste estudo.

Em seguida, calculou-se o grau de deterioração de uma família de elementos para obter-se o grau de deterioração da estrutura, que pode ser visto na tabela 4.

Tabela 4 – Tabela de avaliação de elementos por meio da metodologia GDE/UnB

Nome do Elemento	Laje L1			
Local	Garagem			
Danos	**Fp**	**Fi**	**D**	**Croqui/Observações**
cobrimento deficiente	3	2	4,8	
corrosão de armaduras	5	4	100,0	
desplacamento	3	3	24,0	
eflorescência	2	2	3,2	
umidade	3	3	24,0	
Gde			**135,90**	
Nível de deterioração			**Crítico**	

Fonte: Autor (2021)

O resultado final da avaliação estrutural pela metodologia GDE/UnB indica uma estrutura com nível crítico, valor Gd igual a 146,72. Assim, em atendimento aos níveis da tabela, é indispensável a realização de inspeção emergencial para possibilitar o planejamento de intervenção imediata.

Tabela 5 – Cálculo do Grau de Deterioração da Estrutura (G_d)

FAMÍLIA	**Gdf**	**Fr**	**(Gdf x Fr)**
Laje	135,90	4	543,5897
Pilares	179,25	5	896,2483
Vigas	122,859	5	614,2934
	Soma	14	2054,131
	Gd	146,724	**Crítico**

Fonte: Autor (2021)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a realização de todas as etapas prescritas pela metodologia Gde/UnB e desenvolvidas no item 3, demonstram-se a seguir os resultados obtidos neste estudo de caso e as demais análises cabíveis para interpretação precisa da sua condição atual.

4.1 Levantamento de dados e anamnese da edificação

A edificação objeto deste estudo sofreu poucas intervenções consideráveis, sendo nenhuma delas de cunho estrutural, apenas pequenos reparos em trechos localizados. Cabe salientar também a ausência do projeto estrutural, sendo um fator limitante para um melhor embasamento e caracterização da estrutura da edificação antes das intervenções. Contudo, em alguns casos, principalmente em reforços estruturais, é necessário ainda o auxílio de equipamentos específicos como o pacômetro a fim de coletar os dados com maior precisão e oferecer maior quantidade de informações antes da etapa executiva.

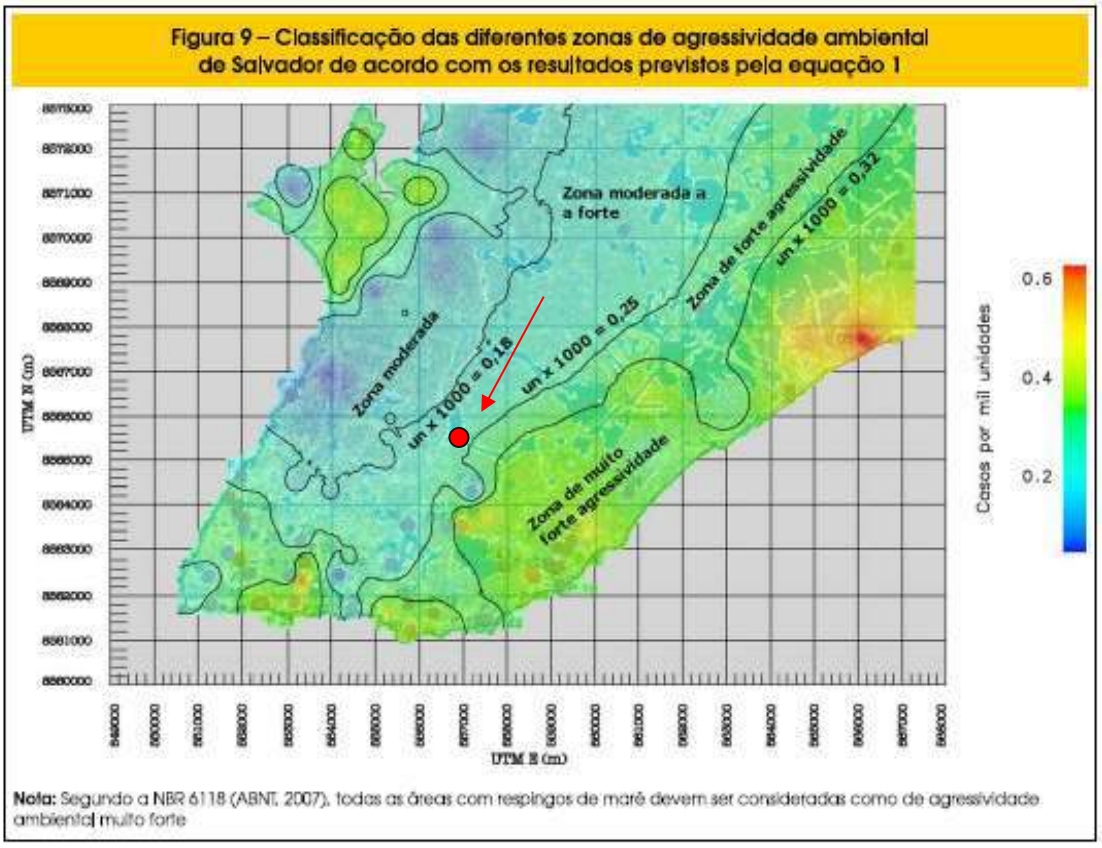
Na época de entrega do empreendimento avaliado, a norma de estruturas de concreto válida era a versão da NBR 6118 aprovada em 1980. Neste período ainda era incipiente o estudo da

durabilidade das construções e alguns fatores, hoje bastante conhecidos, que influenciam na mitigação da deterioração das estruturas, como o cobrimento da armadura e o fator água/cimento, apresentavam prescrições consideravelmente menos rígidas à norma em vigor atualmente.

Tutikian e Helene (2019) concluem que a redução do fator água/cimento é a principal variável para reduzir a porosidade do concreto e torna-lo menos suscetível ao ingresso de agentes agressivos que atacam tanto as armaduras, quanto o próprio concreto. Além disso, ressaltam a influência da camada de proteção à armadura, denominada cobrimento, devendo ser mais espessa de acordo com o aumento da agressividade do ambiente o qual o elemento está inserido.

Não existia à época da concepção do empreendimento avaliado, a definição da classe de agressividade ambiental em norma, sendo atualmente este o parâmetro inicial para escolha dos cobrimentos mínimos e relação água/cimento máxima.

Figura 6 – Região da edificação avaliada



Fonte: Adaptada de Vilasboas e Machado (2010)

Como já foi citado neste trabalho, a edificação objeto de avaliação está inserida num ambiente de agressividade forte (classe III) pela classificação adotada na NBR 6118:2014. Entretanto, há um estudo realizado na cidade de Salvador por Vilasboas e Machado (2010), que traz uma visão mais realista da agressividade dos ambientes a partir da análise das regiões do município com maior número de ocorrência de manifestações patológicas em estruturas de concreto. Os resultados obtidos pelo autor permitiram elaborar um zoneamento dos diferentes níveis de agressividade ambiental presentes na cidade. Logo, o edifício em estudo está inserido numa zona de moderada a forte agressividade de acordo com o mapeamento realizado pelos autores. Desse modo, verificou-se que há um alinhamento em comparação à classificação normativa.

Ademais, se a edificação estivesse numa zona mais agressiva e com maior incidência de respingos de maré e spray marinho, cresceria a probabilidade de uma deterioração mais intensa. Entretanto, as garagens são locais com altos teores de agentes agressivos, oriundos da concentração dos gases emitidos pelos veículos. Em casos de maior emissão pode ser necessária a consideração da classe de agressividade como “muito forte” devido ao risco de deterioração elevado da estrutura pela criação de um microclima com altos teores de substâncias danosas ao concreto armado, como em estacionamentos de shoppings, supermercados e outros estabelecimentos.

A NBR 6118:2014, apresenta valores de cobrimento superiores àqueles considerados na época do projeto do empreendimento avaliado (versão datada de 1980). Por exemplo, admitia-se cobrimento reduzido para 2,0cm (casos de vigas, pilares e arcos ao ar livre) quando o elemento fosse revestido por argamassa com espessura mínima de 1,0cm. Para as prescrições em vigor, o cobrimento mínimo seria de 4,0 cm para a edificação avaliada. Apenas por esta comparação, já são perceptíveis as diferenças na preocupação e na relevância da proteção das estruturas visando uma maior durabilidade e atingimento da vida útil estipulada em projeto.

É justamente por esses motivos que os principais danos verificados no estudo de caso foram relacionados ao cobrimento deficiente, a corrosão das armaduras e o desplacamento, sendo os últimos dois influenciados diretamente pela ocorrência do primeiro.

4.2 Análise técnica e estatística das manifestações patológicas encontradas

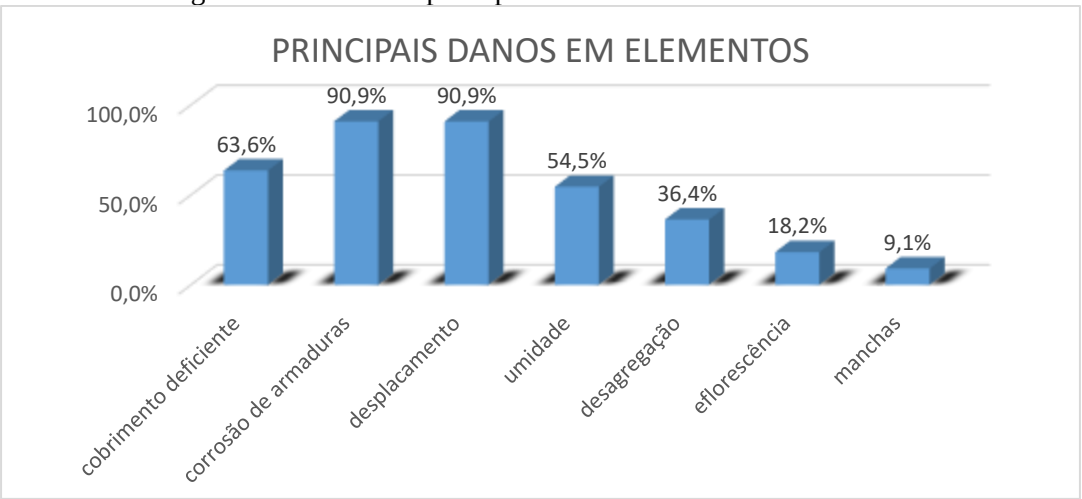
O estudo em questão contém o cadastro de 22 elementos estruturais visíveis na garagem, dentre eles 17 pilares, 4 vigas e 1 laje. Observou-se a ocorrência de manifestações patológicas em 13 peças, sendo 9 pilares, 2 vigas e 1 laje, ou seja, cerca de 60% do total. Nos elementos foram observados variados tipos de danos, tais como: corrosão de armaduras, desplacamento, cobrimento deficiente, umidade, desagregação, eflorescência e manchas.

Um trecho do pavimento superior à garagem é composto por uma área externa, recebendo influência direta das intempéries, principalmente a ação de umidade oriunda da chuva. Durante a inspeção presencial, verificou-se que o pano composto entre os pilares P1 e P15 sofre ação agressiva mais contundente que os demais devido à sua exposição e consequente falha no sistema de impermeabilização. É possível identificar, principalmente, manchas de umidade, desagregação do revestimento e presença de agentes biológicos em diversos elementos.

Verificou-se também que apesar dos elementos serem revestidas por camada de reboco e pintura, os quais são fatores que influenciam positivamente na proteção do concreto armado contra os agentes agressivos, o baixo cobrimento, a influência da umidade e a falta de manutenção na impermeabilização e nas peças foram variáveis preponderantes para um maior nível de deterioração da estrutura. Os resultados obtidos pela metodologia GDE/UnB apresentam a ocorrência de 4 danos em mais de 50% dos elementos, sendo eles: corrosão de armaduras (90,9%), desplacamento (90,9%), cobrimento deficiente (63,6%) e umidade (54,5%).

Em grande parte das estruturas com armaduras em processo de corrosão, constatou-se a perda de seção das mesmas, assim reforçando a necessidade de uma avaliação mais invasiva para medir a influência desta irregularidade na estrutura de modo universal. A introdução de armaduras complementares ou eventuais reforços estruturais são as medidas mais comuns em caso de necessidade de intervenção.

Figura 7 – Gráfico de principais danos em elementos estruturais



Fonte: Autor (2021)

De acordo com Ribeiro (2020), o processo de corrosão eletroquímica ocorrido nas armaduras forma produtos expansivos, gera forças de tração no concreto superiores e provoca fissuras no elemento. A evolução deste processo ocasiona o desplacamento do concreto e consequentemente sua queda na superfície. É uma manifestação patológica de alto risco para transeuntes e veículos, pois seu impacto pode causar danos fisiológicos e materiais irreversíveis.

O cobrimento deficiente, terceiro dano mais frequente, é uma irregularidade que contribui bastante para a corrosão das armaduras e o desplacamento do concreto pelo fato da baixa espessura de cobrimento acelerar o contato dos agentes agressivos com as barras de aço. Entre os demais danos constatados, verificou-se que a umidade, a eflorescência e as manchas são relacionados às falhas de impermeabilização.

4.3 Grau de deterioração pela metodologia GDE/UnB

Na classificação dos níveis de deterioração de cada elemento, nota-se que há uma maior frequência, respectivamente, dos indicadores crítico (45%), médio (45%) e alto (10%). Dentre as peças classificadas em estado crítico, a corrosão de armaduras é responsável por grande parte da composição do grau de deterioração (Gde). Já os elementos integrantes do grau médio sofrem processo de corrosão em menor intensidade (Fi=3) ou não são acometidos por tal dano, assim confirmando que essa é a manifestação patológica mais relevante para a edificação de estudo avaliada pela metodologia GDE/UnB.

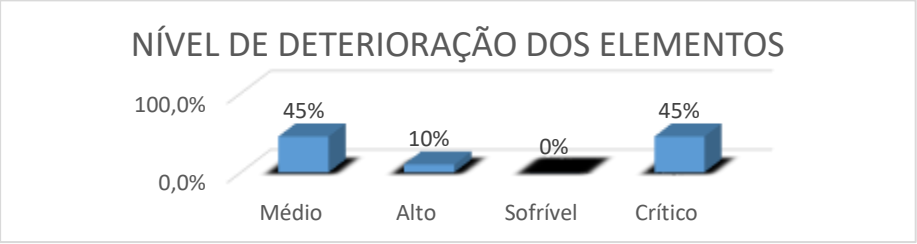
A viga V2, único elemento classificado em nível de deterioração alto, não sofre de corrosão com o fator máximo de influência (4), mas com Fi igual a 3. Então, conclui-se que a presenças de outras irregularidades, como eflorescência e manchas, possibilitaram um grau de deterioração superior às demais peças com condições danos similares.

Os resultados obtidos não consideraram a influência da carbonatação e a presença de cloretos pelo fato da inspeção ser realizada de forma sensorial (visual), como citado anteriormente, e mesmo assim, a estrutura apresenta diversos elementos e a estrutura de forma geral em nível crítico. A ocorrência da carbonatação do concreto sob as condições patológicas e de entorno identificadas

nesta edificação é muito provável devido à corrosão em diversos elementos e ambiente com forte agressividade, levando a estrutura a valores quantitativos mais altos dentro do nível crítico.

Diante dos cálculos e fatos expostos ao longo da aplicação da metodologia, é necessário o planejamento imediato de uma intervenção para a edificação avaliada. Por ser uma edificação residencial, o grau de periculosidade é ainda maior e essa questão deve ser tratada com urgência por todos os responsáveis.

Figura 8 – Gráfico de nível de deterioração dos elementos



Fonte: Autor (2021)

4.4 Validação da utilização da metodologia GDE/UnB em edificação residencial

Atualmente, no mercado de inspeções em edifícios residenciais é possível identificar a predominância da utilização da matriz GUT, que relaciona a gravidade, a urgência e a tendência como ferramenta para auxiliar na futura resolução dos problemas e prescrição de intervenções, organizando-os por patamares de prioridades. Entretanto, a referida metodologia não define prazos para inspeções e intervenções nas estruturas, até pelo fato de ser direcionada à priorização/ordenação dos serviços de manutenção. Logo, os prazos de intervenções são determinados pelos profissionais envolvidos na vistoria, o que confere um grau de subjetividade nos resultados das inspeções. Para o caso exposto neste trabalho, no qual o objetivo principal trata-se de uma avaliação das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado, a utilização da metodologia GDE/UnB é mais apropriada do que a matriz GUT.

5. CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia GDE/UnB mostrou-se satisfatória para avaliar as estruturas da garagem da edificação designada. O método foi desenvolvido e aplicado nas mais variadas construções, entretanto é necessária uma aplicação mais generalizada em edificações residenciais.

A realização de ensaios técnicos influenciará numa maior precisão dos resultados da referida metodologia, citando aqui principalmente: o teste com fenolftaleína para identificação de carbonatação e a aspersão de nitrato de prata para atestar a presença de cloretos. Ambos os ensaios devem ser realizados, de forma imediata para o caso em questão, como meio de garantir uma análise mais precisa sobre as causas dos danos e na definição das manutenções corretivas.

O nível de deterioração da estrutura foi avaliado como crítico e de acordo com a metodologia adotada, o prazo de planejamento das intervenções é imediato, havendo risco para os usuários da edificação. Dentre os principais fatores para a degradação identificada, a falta de manutenção é evidente. Nota-se que o nível de deterioração das estruturas tende a diminuir ao passo que os elementos com grau de deterioração mais elevados sejam recuperados. É recomendada também a elaboração de um plano de manutenção para as estruturas da edificação, em atendimento à norma

NBR 5674:2012, incluindo a realização de inspeções periódicas nos elementos a fim de garantir a segurança dos usuários e prevenir o agravamento dos danos.

A produção de mais trabalhos em edificações residenciais na cidade de Salvador e em demais municípios baianos com a utilização desta metodologia é fundamental para atestar sua eficácia em edifícios desta tipologia. Além disso, pode ser realizado um estudo comparativo a partir do grau de deterioração da estrutura após a realização de intervenções. Outra sugestão seria a análise de patrimônios públicos e de outras construções residenciais sob maior influência de zonas mais agressivas, como áreas de respingos de maré ou industriais.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1980.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto - Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5674: **Manutenção de edificações**. Rio de Janeiro, 2012.

CASTRO, Eliane Kraus. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Brasília: UnB, 1994.

FONSECA, Régis Pamponet da. **A Estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção**. Brasília: UnB, 2007.

GALVÃO, Rafael Rocha e SILVA, Francisco Gabriel Santos. **Avaliação de Degradação de Estruturas de Concreto em Duas Garagens de Edifícios Residenciais pelo Método GDE/UnB**. Fortaleza: CINPAR, 2021.

NUNES, Heloísa da Silva e CERQUEIRA, Milena Borges dos Santos. **Avaliação de Manifestações Patológicas em Estruturas de Concreto Armado em Ambientes Marinhos: Estudo de Caso do Píer Salvador/Hidroporto da Ribeira**. Salvador: BADUCON, 2020.

RIBEIRO, Daniel Véras. **Corrosão e Degradação em Estruturas de Concreto Armado: teoria, controle e técnicas de análise e intervenção**. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

TUTIKIAN, Bernardo Fonseca e HELENE, Paulo Roberto Lago. **Patologia de Estruturas**. São Paulo: Oficina de Textos, 2019.

VILASBOAS, José Marcílio Ladeia e MACHADO, Sandro Lemos. **Uma proposta da agressividade ambiental para a cidade de Salvador-BA**. São Paulo: IBRACON, 2010.

VILAS BOAS, Edna Lopes Brandão e NASCIMENTO, Matheus Leoni Martins do. **Aplicação de Metodologia GDE/UnB em uma edificação habitacional: estudo de caso em Águas de Lindas de Goiás-GO**. São Paulo: IBRACON, 2018.