CAPÍTULO 89 · Parte V · Diagnóstico
DOI do capítulo: https://doi.org/10.67775/2k9hr725
Trabalho apresentado no CBPAT 2026 e publicado nos anais do evento: https://doi.org/10.67775/zqsbqk83

FORMAÇÃO DE SISTEMA INTERLAMINAR ATIVO EM LAJES DE GARAGEM APÓS INTERVENÇÃO CORRETIVA INADEQUADA: ESTUDO DE CASO EM EDIFÍCIO RESIDENCIAL

Jordana Paes Epifânio
Autor de contato: engenheirajordana15@gmail.com
Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil Kennedy, Belo Horizonte, Brasil

RESUMO

No contexto das manifestações patológicas associadas à umidade e às falhas de impermeabilização, as garagens subterrâneas figuram entre os elementos construtivos mais suscetíveis em edificações residenciais. Este trabalho apresenta investigação diagnóstica fundamentada em revisão bibliográfica e estudo de caso desenvolvido em edifício multifamiliar com aproximadamente 25 anos de uso, composto por dois níveis de garagem, no qual infiltrações persistentes motivaram a execução de uma nova camada de concreto sobre a laje original impermeabilizada. A metodologia adotada contemplou inspeção visual minuciosa dos ralos, arremates e pontos singulares, aberturas exploratórias em regiões estratégicas, verificação das condições de continuidade, aderência e integridade da manta asfáltica, além de ensaio com traçador hidrossolúvel. Os resultados evidenciaram a formação de um sistema interlaminar ativo, caracterizado pela circulação e pelo acúmulo de água entre a impermeabilização preexistente e a laje estrutural, favorecendo infiltrações recorrentes, saturação prolongada e manutenção de umidade no interior do sistema. O ensaio com traçador hidrossolúvel confirmou experimentalmente o percurso da infiltração entre pavimentos, comprovando a comunicação hídrica entre as camadas como mecanismo responsável pela recorrência das manifestações patológicas. Os achados reforçam a importância da engenharia diagnóstica na identificação precisa das causas da infiltração e na definição de intervenções corretivas tecnicamente adequadas, seguras e duráveis.

Palavras-chave: patologia das construções; impermeabilização de lajes; durabilidade estrutural.

ABSTRACT

In the context of pathological manifestations associated with moisture and waterproofing failures, underground parking garages are among the building components most susceptible in residential structures. This paper presents a diagnostic investigation based on a literature review and a case study conducted in a multifamily residential building approximately 25 years old, consisting of two parking levels, where persistent leakage led to the construction of an additional concrete overlay over the original waterproofed structural slab. The adopted methodology included detailed visual inspection of drains, terminations, and other critical waterproofing points, exploratory openings in strategic areas, assessment of the continuity, adhesion, and integrity of the asphalt membrane, as well as a water-soluble tracer test. The results revealed the formation of an active interlayer water system, characterized by the circulation and accumulation of water between the pre-existing waterproofing system and the structural slab, contributing to recurrent leakage, prolonged moisture retention, and hidden degradation within the assembly. The water-soluble tracer test experimentally confirmed the leakage path between levels, demonstrating hydraulic communication between layers as the primary mechanism responsible for recurring pathological manifestations. The findings reinforce the importance of diagnostic engineering in accurately identifying infiltration mechanisms and in defining technically appropriate, safe, and durable corrective interventions.

Keywords: building pathology; waterproofing; garage slabs; structural durability.

1. INTRODUÇÃO

A durabilidade das estruturas de concreto armado está diretamente relacionada ao controle das manifestações patológicas ao longo da vida útil das edificações. Tal entendimento está em consonância com a NBR 6118 (ABNT, 2023), que estabelece diretrizes relativas à durabilidade estrutural em função dos mecanismos de deterioração, das condições de exposição ambiental e da necessidade de adequada proteção das armaduras.

Entre os diversos fatores que contribuem para a degradação estrutural, a presença contínua de umidade destaca-se como um dos principais agentes responsáveis pelo desenvolvimento de infiltrações, processos de carbonatação e corrosão das armaduras. Sob essa perspectiva, a norma brasileira de desempenho de edificações NBR 15575 (ABNT, 2021) assume papel relevante ao estabelecer requisitos relacionados à estanqueidade, à durabilidade e à manutenção das condições de uso ao longo da vida útil. Nesse contexto, o atendimento aos critérios de desempenho previstos na norma está diretamente associado à capacidade dos sistemas construtivos de impedir o ingresso e a permanência de água, sendo sua não conformidade fator determinante para o surgimento de manifestações patológicas em elementos como lajes de garagem.

Elementos estruturais frequentemente expostos à ação da água, como lajes de garagem, vigas e pilares situados em pavimentos subterrâneos, apresentam maior suscetibilidade ao surgimento de manifestações patológicas. Segundo Helene (1992), a presença contínua de umidade constitui um dos principais fatores de degradação de estruturas de concreto armado, pois acelera o processo de carbonatação e favorece o desenvolvimento da corrosão das armaduras. De forma complementar, Neville (2016) destaca que a interação entre água, oxigênio e agentes agressivos contribui para processos progressivos de deterioração do concreto, comprometendo o desempenho e a durabilidade das estruturas.

Diante desse cenário, a manutenção das condições de desempenho ao longo da vida útil da edificação depende diretamente da adoção de estratégias adequadas de inspeção, diagnóstico e intervenção técnica. Intervenções executadas sem investigação diagnóstica adequada podem não apenas falhar na solução do problema original, mas também introduzir novos mecanismos de degradação. Nesse sentido, a NBR 5674 (ABNT, 2012) reforça que as intervenções de manutenção devem ser tecnicamente planejadas, registradas e controladas, não sendo adequadas soluções corretivas executadas sem diagnóstico prévio e sem enfrentamento da causa da manifestação patológica.

Nesse contexto, a engenharia diagnóstica assume papel fundamental na identificação das causas das manifestações patológicas e na definição de estratégias de intervenção compatíveis com os requisitos de durabilidade e segurança estrutural. Tal abordagem encontra respaldo na ABNT NBR 16747 (ABNT, 2020), que estabelece diretrizes para a inspeção predial, abrangendo levantamento de dados, análise documental, vistoria sistêmica e recomendação técnica das ações necessárias.

À luz dessas considerações, emerge o seguinte problema de pesquisa: quais mecanismos patológicos podem explicar a formação de uma lâmina de água interlaminar em lajes de garagem após intervenções corretivas consistentes na execução de nova camada de concreto sobre sistemas de impermeabilização preexistentes?

Considerando a relevância técnica das manifestações patológicas associadas à infiltração em estruturas de concreto armado, torna-se necessário investigar de forma mais aprofundada os

mecanismos envolvidos na formação de sistemas interlaminares ativos em lajes de garagem. Assim, este estudo analisa, com base em um caso real de edificação residencial e nos procedimentos da engenharia diagnóstica, os fatores relacionados ao comportamento da infiltração, buscando contribuir para intervenções corretivas mais eficazes, seguras e compatíveis com os requisitos de durabilidade estrutural.

2. METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

A investigação foi conduzida com base em procedimento de engenharia diagnóstica orientado pelas diretrizes da NBR 16747 (ABNT, 2020), especialmente no que se refere ao levantamento de informações, inspeção da edificação, registro de anomalias, análise das evidências e formulação diagnóstica. Complementarmente, a interpretação técnica dos achados foi correlacionada aos requisitos de desempenho, estanqueidade, durabilidade e manutenção estabelecidos na NBR 15575 (ABNT, 2021), na NBR 6118 (ABNT, 2023), na NBR 9574 (ABNT, 2016), na NBR 9575 (ABNT, 2010) e na NBR 5674 (ABNT, 2012), conforme a natureza das manifestações analisadas.

Para identificação da origem da água, de seu caminho preferencial de percolação e do mecanismo de ingresso no sistema interlaminar, foram adotados procedimentos investigativos diretamente relacionados ao comportamento da infiltração, compreendendo:

- Inspeção visual minuciosa dos ralos, arremates e demais pontos singulares do sistema impermeabilizante;
- Aberturas exploratórias em regiões estratégicas;
- Verificação das condições de continuidade, aderência e integridade da manta asfáltica; Ensaio com traçador hidrossolúvel.

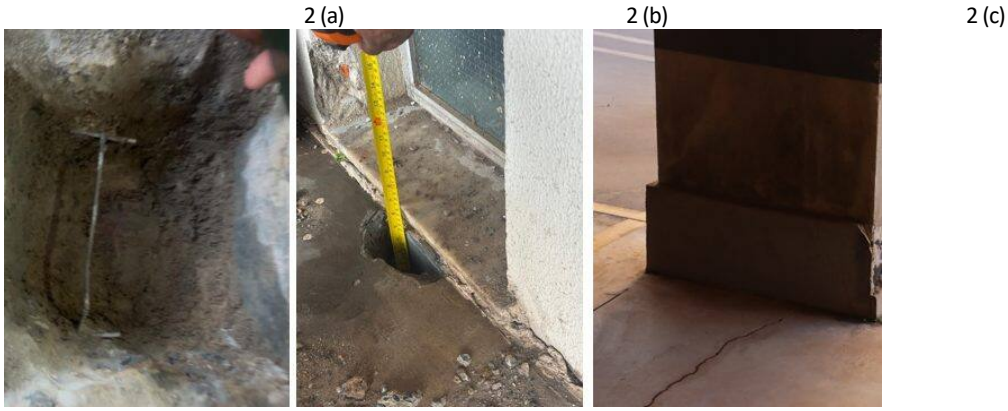
2.1 Estudo de Caso

A edificação analisada possui aproximadamente 25 anos de idade e é composta por dois níveis de garagem denominados G1 e G2. A laje estrutural que separa os pavimentos possui área aproximada de 2.000,00 m² e recebeu originalmente sistema de impermeabilização com manta asfáltica e camada de proteção mecânica, cuja configuração geral pode ser observada na Figura 1.



Figura 1 - Imagem da vista geral da laje da garagem (G1)
Fonte: autora.

Após a entrega da edificação, passaram a ocorrer infiltrações recorrentes no pavimento inferior (G2). Como tentativa de solução, foi executada, em 2013, uma nova camada de concreto sobre o sistema preexistente. Até o momento da investigação, não foram apresentados elementos documentais que permitissem comprovar a existência de projeto estrutural específico, validação pelo projetista da estrutura original ou verificação formal dos acréscimos de carga decorrentes dessa intervenção. A camada executada apresentou espessura média aproximada de 12 cm e foi armada com tela metálica leve, configurando uma sobreposição construtiva que introduziu carregamento adicional permanente e novas interfaces entre sistemas, com potencial para alterar o comportamento em serviço da estrutura. Com o tempo, a sobre laje passou a apresentar trincas distribuídas, associadas à retração do concreto e às movimentações diferenciais entre as camadas estruturais, fenômeno compatível com condições de fissuração e comprometimento do desempenho em serviço da estrutura, uma vez que a fissuração favorece a penetração de água e agentes agressivos, reduz a proteção das armaduras e pode acelerar processos de deterioração do concreto, conforme ilustrado nas Figuras 2 (a), 2 (b) e 2 (c).



Figuras 2 (a), 2 (b) e 2 (c) - Imagem dos detalhes da armadura leve, da espessura aproximada de 12cm da sobre laje e da fissura observada no piso.
Fonte - autora.

2.2 Sistema interlaminar ativo

A configuração identificada durante a investigação diagnóstica caracteriza a formação de um sistema interlaminar ativo, definido pela circulação e pelo acúmulo de água no espaço entre a laje original e a segunda camada de concreto. Esse fenômeno funciona como um reservatório hídrico oculto, responsável por alimentar as infiltrações no pavimento inferior, conforme ilustrado no diagrama conceitual apresentado na Imagem 1.

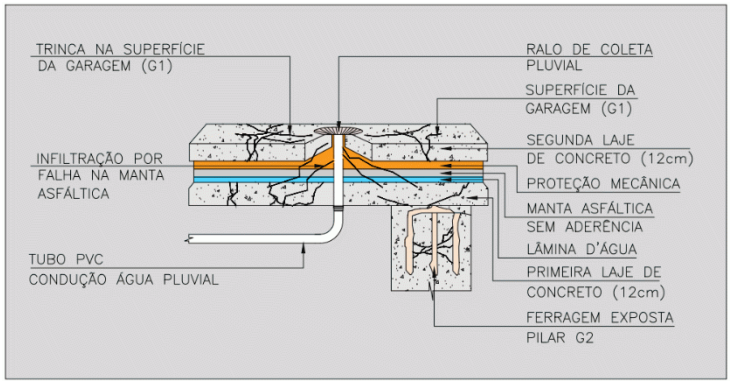


Imagem 1 - Sistema interlaminar ativo
Fonte: autora.

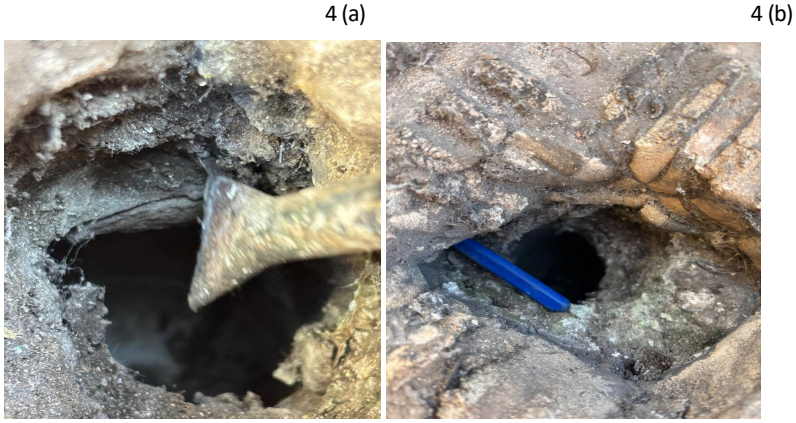
2.3 Resultados e discussão

Na face inferior da laje do pavimento G2, constata-se a presença de manchas de umidade persistentes, acompanhadas de lixiviação. Tal fenômeno ocorre quando a água, ao percolar pela matriz do concreto, transporta compostos solúveis, como o hidróxido de cálcio, para a superfície. Essa manifestação é compatível com a existência de acúmulo hídrico entre a laje original e a camada adicional executada em 2013, evidenciando estado de saturação prolongada e circulação hídrica contínua no interior da estrutura, configurando condição de saturação prolongada prejudicial à durabilidade da estrutura, uma vez que a presença contínua de umidade favorece o transporte de compostos solúveis, intensifica a carbonatação e cria ambiente propício ao desenvolvimento de processos corrosivos nas armaduras, conforme ilustrado nas Figuras 3 (a) e 3 (b).



Figuras 3 (a) e 3 (b) - Imagem da umidade, lixiviação e estalactites na face inferior da laje.
Fonte - autora.

O sistema de drenagem superficial apresentava deficiência de captação, em razão do número de ralos incompatível com a área da laje, favorecendo o empoçamento de águas pluviais e de manutenção. Paralelamente, verificaram-se falhas executivas na região dos ralos, incluindo descontinuidades de vedação e interrupção da manta impermeabilizante da laje original, que não se prolongava de forma contínua até o término da segunda laje. Essas condições configuraram pontos preferenciais de ingresso de água para a interface entre as camadas, contribuindo para a manutenção do sistema interlaminar ativo, em desacordo com os critérios de projeto e execução da impermeabilização estabelecidos pela ABNT NBR 9575 e pela ABNT NBR 9574, conforme ilustrado nas Figuras 4 (a) e 4 (b).



Figuras 4 (a) e 4 (b) - Imagem da Perda de aderência da manta asfáltica e descontinuidade junto ao ralo, destacada por objeto de referência, favorecendo a infiltração entre as lajes
Fonte - autora

Durante a inspeção, verificaram-se falhas executivas e perda de funcionalidade do sistema de impermeabilização nas regiões de encontro entre a laje e os pés dos pilares. A manta asfáltica, originalmente elevada nessas bases para garantir a estanqueidade, encontrava-se desplacada, solta ou sem aderência eficaz ao substrato, evidenciando comprometimento do desempenho do sistema, em desacordo com a ABNT NBR 9574.

Essa condição associou-se ao processo contínuo de infiltração, com percolação de umidade para as bases dos pilares e desenvolvimento de corrosão nas armaduras. A expansão dos produtos corrosivos gerou tensões no cobrimento, resultando em fissuração, destacamento e desplacamento do concreto, caracterizando prejuízo à durabilidade da estrutura, uma vez que a corrosão compromete a proteção das armaduras e pode levar à perda de desempenho do elemento estrutural.

Verificou-se, ainda, a execução posterior de arremates tipo rodapé para contenção mecânica da manta; entretanto, tal intervenção mostrou-se ineficaz, por não atuar sobre a causa primária da anomalia - o ingresso contínuo de água e a corrosão instalada - limitando-se à contenção superficial, sem restabelecimento efetivo da impermeabilização, conforme ilustrado na Figura 5.

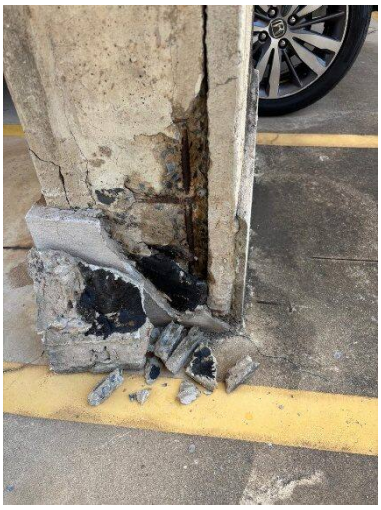


Figura 5 - Imagem da evidencia a evolução do processo corrosivo das armaduras, já com comprometimento visível do elemento estrutural.
Fonte - autora.

A etapa final da investigação teve por objetivo comprovar experimentalmente a hipótese de circulação oculta de água entre a laje original e a camada adicional superposta. Para isso, adotou-se como ponto de partida uma manifestação pré-existente de infiltração na caixa de escada de uma das torres, local adequado para leitura do corte construtivo das lajes e compatível com os procedimentos de inspeção, levantamento de evidências e análise diagnóstica previstos na ABNT NBR 16747:2020.

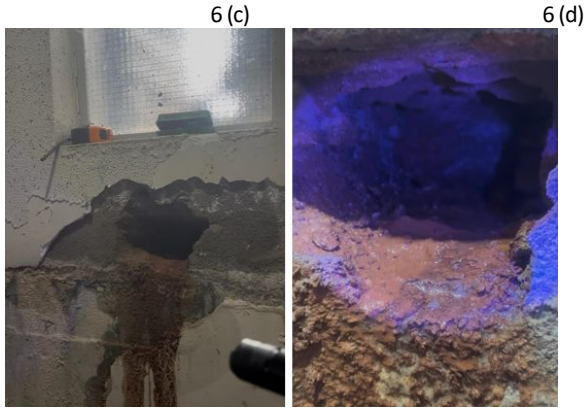
As aberturas executadas nas faces externa e interna da caixa de escada permitiram identificar armadura leve na camada superior, verificar espessura aproximada de 12 cm e confirmar a existência de uma segunda laje sobre o sistema original. Em seguida, o ralo mais próximo foi vedado e realizou-se lançamento contínuo de água na superfície superior por aproximadamente três a quatro horas, com posterior adição de traçador hidrossolúvel. Concomitantemente, abriu-se janela de inspeção na face interna da caixa de escada, por meio da qual se observou a constituição do sistema, formado por duas camadas estruturalmente distintas, separadas por manta asfáltica e camada de proteção mecânica.

Decorrido o tempo de percolação, verificou-se o aparecimento de água com traçador hidrossolúvel no interior da abertura, confirmando experimentalmente a comunicação hidráulica entre a superfície superior e o espaço interlaminar entre as lajes. Os resultados demonstraram que a água

escoava e permanecia circulando de forma oculta entre as camadas, caracterizando um sistema interlaminar ativo, responsável pela manutenção do estado de saturação da estrutura e pela recorrência das manifestações patológicas nos pavimentos inferiores. Essa condição evidencia que a água não apenas ingressa no sistema, mas permanece confinada entre as camadas, funcionando como um reservatório hídrico oculto, o que compromete a estanqueidade do sistema, prejudica o desempenho em uso e favorece a redução da durabilidade da estrutura, ao manter a laje submetida à ação contínua da umidade e à progressão de mecanismos de deterioração, conforme ilustrado nas Figuras 6 (a), 6 (b), 6 (c) e 6 (d).



Figuras 6 (a) e 6 (b) - Área da caixa de escada com infiltração pré-existente e região do pavimento G1 submetida ao ensaio de acúmulo hídrico, adotadas para investigação do percurso da água no sistema interlaminar.
Fonte: autora.



Figuras 6 (c) e 6 (d) - Janela de inspeção executada na caixa de escada e aparecimento de água com traçador hidrossolúvel no interior da abertura.
Fonte: autora.

Os resultados obtidos a partir da investigação diagnóstica evidenciaram um conjunto de falhas sistêmicas associadas ao desempenho do sistema de impermeabilização e à intervenção executada posteriormente sobre a laje original.

A inspeção visual revelou deficiência no sistema de drenagem superficial, com número de ralos incompatível com a área da laje, favorecendo o empoçamento de águas pluviais e de manutenção. Foram também identificadas falhas executivas nos arremates e pontos singulares, especialmente nas regiões de ralos e encontros com elementos estruturais, configurando zonas preferenciais para o ingresso de água.

As aberturas exploratórias permitiram caracterizar a constituição do sistema construtivo, confirmando a execução de uma segunda camada de concreto com espessura aproximada de 12 cm, armada com tela metálica leve, sobreposta à laje original impermeabilizada. Tal configuração introduziu uma interface adicional entre sistemas, suscetível ao acúmulo e à circulação de água.
A verificação das condições de continuidade e aderência da manta asfáltica evidenciou descontinuidades, perda de aderência e falhas localizadas, principalmente nas proximidades dos ralos e nos encontros com pilares, comprometendo a estanqueidade do sistema e favorecendo a infiltração para o espaço interlaminar.

O ensaio com traçador hidrossolúvel confirmou experimentalmente o percurso da água infiltrada, evidenciando sua migração entre os pavimentos e comprovando a comunicação hidráulica entre a superfície superior e o espaço interlaminar. Esse resultado foi determinante para a confirmação do mecanismo de infiltração oculta.

A presença contínua de umidade nesse espaço interlaminar favoreceu a saturação do concreto, criando condições propícias ao avanço da carbonatação e ao desenvolvimento de processos corrosivos nas armaduras, especialmente nas regiões de maior concentração de umidade, como encontros com pilares e zonas de falha do sistema impermeabilizante.

Dessa forma, os resultados confirmam que a intervenção executada, ao invés de solucionar o problema de infiltração, contribuiu para a formação de um sistema interlaminar ativo, caracterizado pelo acúmulo e pela circulação contínua de água entre as camadas, configurando um mecanismo oculto de degradação e recorrência das manifestações patológicas.

Como solução técnica recomendada, foi definida, previamente à execução das obras, a elaboração de projetos executivos complementares indispensáveis, abrangendo escoramento estrutural, recuperação estrutural, impermeabilização e readequação do sistema de drenagem existente, incluindo o redimensionamento técnico dos pontos de captação e escoamento pluvial da garagem.

A intervenção proposta contemplou a remoção integral da camada de laje sobreposta, demolição controlada, inspeção e recuperação da laje original, tratamento das manifestações corrosivas identificadas, correção dos caimentos, ampliação e adequação da drenagem, além da implantação de novo sistema impermeabilizante contínuo e devidamente compatibilizado com os elementos estruturais. Dessa forma, a solução buscou enfrentar não apenas os efeitos observados, mas sobretudo as causas sistêmicas da infiltração, promovendo o restabelecimento da estanqueidade, segurança estrutural e durabilidade da edificação.

3. CONCLUSÃO

A investigação realizada demonstrou que as infiltrações observadas nas lajes de garagem estão diretamente associadas à formação de um sistema interlaminar ativo, decorrente da execução de uma camada adicional de concreto sobre o sistema de impermeabilização preexistente. A presença de falhas no sistema impermeabilizante, especialmente em regiões de ralos, arremates e encontros com elementos estruturais, permitiu o ingresso de água para o espaço formado entre as camadas da laje.

Essa configuração favoreceu a formação de um reservatório hídrico confinado entre as interfaces construtivas, possibilitando a circulação contínua de água e sua percolação para pontos específicos do pavimento inferior. A permanência prolongada de umidade nesse espaço interlaminar contribuiu para a saturação do concreto, criando condições favoráveis ao avanço da carbonatação, ao desenvolvimento de processos corrosivos nas armaduras e à redução progressiva da durabilidade estrutural.

Do ponto de vista técnico, os resultados obtidos evidenciam que intervenções executadas sem investigação diagnóstica adequada podem não apenas falhar na solução das infiltrações existentes, mas também introduzir mecanismos adicionais e ocultos de degradação estrutural. Nesse contexto,

o conceito de sistema interlaminar ativo amplia a compreensão sobre processos patológicos associados à sobreposição inadequada de camadas construtivas em lajes de garagem, reforçando o papel da engenharia diagnóstica como ferramenta essencial para a identificação precisa das causas, para a tomada de decisão técnica fundamentada e para a definição de intervenções corretivas eficazes, seguras e duráveis. Os achados reforçam, ainda, a necessidade de soluções baseadas em diagnóstico técnico aprofundado, evitando intervenções corretivas inadequadas capazes de agravar manifestações patológicas e comprometer o desempenho global da edificação.

REFERÊNCIAS

HELENE, P. R. L. **Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: PINI, 1992.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do concreto.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118:2023, Versão Corrigida 2:2024: **Projeto de estruturas de concreto.** Rio de Janeiro, 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15575:2021: **edificações habitacionais - desempenho.** Rio de Janeiro, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9574:2016: **execução de impermeabilização.** Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16747:2020: **inspeção predial - diretrizes, conceitos, terminologia e procedimento.** Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9575**:** **impermeabilização - seleção e projeto.** Rio de Janeiro, 2010.