CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.004
ISBN 978-65-86819-05-2

DISPOSITIVOS PARA O USO EM POSSÍVEIS DIAGNÓSTICOS E TERAPIAS DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO

MARTINS, ALEXANDRE DE SOUZA
Engenheiro Civil
Universidade do Vale do Itajaí
Santa Catarina; Brasil
xandee_martins@hotmail.com

CARVALHO, RAFAELLA GRANGEIRO DE
Estudante
Universidade do Vale do Itajaí
Santa Catarina; Brasil
rafaella_g_c_@hotmail.com

VEIGA, TAIANA PAULA
Estudante – Engenharia Civil
Universidade do Vale do Itajaí
Santa Catarina; Brasil
tpaulaveiga@gmail.com

VENÂNCIO, CAROLINE
Engenheira Civil phD
Universidade do Vale do Itajaí
Santa Catarina; Brasil
caroline.venancio@univali.br

RESUMO

A era tecnológica atual nos permite cada vez mais facilitar e agilizar as áreas relacionadas à Engenharia Civil. Tendo em vista que a avaliação patológica muitas vezes não é simples de ser realizada diante das inúmeras causas e origens que podem gerar o mesmo tipo de manifestação, o trabalho está focado na criação de um dispositivo que seja capaz de atribuir possíveis diagnósticos e terapias relacionados à anamnese do edifício, fazer a aplicação em situações reais com inspeção visual e laudo da mesma edificação a fim de saber se este é coerente ou não. O dispositivo foi adaptado para profissionais da área e aplicado em lajes, vigas e pilares de concreto armado. A metodologia adotada foi primeiro um estudo bibliográfico identificando as principais manifestações patológicas em cada tipo de peça estrutural, as principais terapias mais eficientes, identificação das linguagens aceitas por telefones celulares atuais e a escolha viável de um programa para se adaptar à plataforma como um aplicativo. Um fluxograma de funcionamento do dispositivo foi elaborado, com os principais, sintomas em vigas: oxidação da armadura em estribos, segregação, fissuras, infiltração e desplacamento; para lajes foram adotados: reação álcali-agregado, desgaste por abrasão, ruptura ou desplacamento de cerâmicas, e infiltração; e para pilares: desplacamento, fissuras e segregação. Para cada sintoma atribuiu-se as principais causas bem como as possíveis origens e a melhor forma de terapia aplicada para eliminação do sintoma. A validação do dispositivo foi feita pela comparação do uso do mesmo com dois laudos reais comprovando a manifestação por ensaios laboratoriais.
Palavras-chave: dispositivo, manifestações patológicas, concreto armado.

ABSTRACT

A current technological age allows us to increasingly facilitate and expedite civil engineering-related areas, so pathological assessment is often not simple to perform in the face of many causes, and origins that can cause the same kind of manifestation. The work is focused on the creation of a device that can assign possible diagnoses and therapies related to anamnesis of the building, make an application in real situations with visual inspection, with a report of the same building, in order to know if it is coherent or not. The device was adapted for professionals in the field and applied to reinforced concrete plates, beams and pillars. The methodology adopted was the first bibliographic study that identifies as main pathological manifestations in each type of structural piece, after the most efficient therapies, identification of languages accepted by current smartphones and the viable option of a program to adapt the platform. A flowchart of the device's operation was elaborated, with the main symptoms in symptoms: oxidation of the stirrup stem, segregation, cracking, infiltration and displacement; for adopted parts: alkali-aggregate reaction, abrasion wear, ceramic breakage or removal and infiltration; and pillars: peeling, cracking and segregation. For each symptom assigned as main causes, as well as possible origins and the best form of therapy applied to eliminate the symptom. The validation of the device was made by comparing the same use with two real reports, confirming the manifestation by laboratory tests.
Keywords: device, pathological manifestations, reinforced concrete.

ISBN 978-65-86819-05-2

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos danos apresentados em elementos estruturais de acordo com Bauer (1994) são do tipo evolutivo, ou seja, em um prazo mais ou menos curto poderão comprometer sua estabilidade. Deste fato, surge a importância da identificação da manifestação patológica o mais breve possível.

Dentre os erros de projeto, as principais causas são provenientes da falta de detalhamento, detalhes mal especificados, cargas ou tensões não levadas em consideração no cálculo estrutura, falta ou projeto deficiente de drenagem e a desconsideração dos efeitos da fluência do concreto (BAUER, 1994).

Cunha e Neumann (1979) afirmam que, por muitas vezes, projetistas deixam a solução de vários problemas construtivos para o construtor em obra, quando estes deveriam ser resolvidos e bem explanados em projeto. Brentano (1997) ressalta que a falta de detalhes em projetos acaba ocasionando tomadas de decisões de forma apressada, sem possibilidades de análises mais aprofundadas.

A busca por produtividade e sustentabilidade vem forçando cada vez mais a criação de automatização e modernização na solução de problemas dentro da área de engenharia. Isso possibilita a informação compartilhada, maior velocidade no processo e um aumento na capacidade de armazenamento de dados. Existem muitos softwares que possibilitam a criação de estruturas, mas não para prevenção e manutenção destas. Os casos de prevenção do aparecimento de manifestações patológicas atualmente são feitos através de estudos bibliográficos, utilização de laudos, perícias para determinados tipos de problemas, contudo esses processos costumam demandar de uma quantidade expressiva de tempo um dispositivo poderia auxiliar nos diagnósticos de peças de concreto armado, evitando uma evolução do problema a ponto de levar ao colapso da estrutura (LINO; AZENHA; LOURENÇO, 2012).

2. JUSTIFICATIVA

A elaboração de um dispositivo para auxiliar no diagnóstico e possíveis recomendações de determinadas manifestações patológicas nos principais elementos construtivos (viga, pilar e laje) de uma estrutura em concreto armado, tem como principal função evitar uma evolução das manifestações até um colapso da estrutura. A partir do dispositivo, as manifestações poderiam ser rapidamente identificadas e controladas, assim evitando o comprometimento da estrutura.

Os registros das manifestações patológicas analisadas pelo dispositivo terão grande importância para a engenharia civil. Normalmente, os problemas patológicos são resolvidos e as suas causas e soluções não são registradas. O Brasil não possui um histórico de registros de manifestações patológicas e necessita, frequentemente, recorrer aos estudos realizados fora do país para a solução de determinados casos.

Silva (2011) cita que dependendo do tipo e porte da obra, o colapso de uma edificação pode gerar grandes perdas financeiras e de centenas de vidas. Nos Estados Unidos, problemas de corrosão de armadura custam cerca de 3,1% do PIB anual, totalizando US$ 276 bilhões, já no Brasil essa porcentagem chega a 3,5%.

A criação de uma importante ferramenta na identificação e solução de manifestações é de grande auxílio para profissionais de engenharia civil. A utilização do dispositivo acarretaria uma menor quantidade de erros gerados nas diversas etapas da construção civil (projetos e execução) e economia de tempo necessária para a realização de análises e estudos mais profundos das manifestações.

A utilização de um dispositivo em forma de aplicativo teria uma reposta rápida na execução e entendimento por especialistas da área, permitiria que problemas simples fossem resolvidos instantaneamente após o diagnóstico do mesmo, evitando que a degradação da estrutura continue seu processo evolutivo. No entanto, ressalta-se que para a uso do dispositivo, o usuário deve ter conhecimentos técnicos prévios para a correta utilização e interpretação dos dados fornecidos, assim como dos resultados gerados.

3. METODOLOGIA

Para a identificação das principais causas e manifestações patológicas encontradas nos edifícios de concreto armado, foram feitos levantamentos bibliográficos para identificação das ocorrências mais comuns e as terapias mais eficientes para as mesmas.

ISBN 978-65-86819-05-2

Com os levantamentos bibliográficos realizados, foram identificados a linguagem de programação a ser utilizada no dispositivo e os principais sintomas das manifestações patológicas que possam ser utilizados. Assim, tornou-se possível a geração de um diagnóstico e a apresentação das possíveis soluções para a correção das manifestações patológicas encontradas nas estruturas de concreto armado.

Para a execução do dispositivo, primeiramente adicionou-se o título no layout do programa. Em seguida, foram adicionadas as perguntas necessárias para o usuário responder e dar continuidade à utilização do programa. Com a pergunta adicionada, criou-se outra seção, separando o dispositivo em "partes". Na nova seção adicionada, foram inseridas outras perguntas ou respostas e selecionou-se a inter-relação entre as seções. Estas inter-relações foram importantes para a configuração de uma "árvore" de possibilidades dos sintomas avaliados em cada manifestação patológica, com o intuito de informar ao dispositivo as principais causas e origens de cada problema encontrado pelo usuário. O mesmo procedimento foi adotado para as demais perguntas e respostas do dispositivo. Assim, a partir da resposta do usuário, há um direcionamento para uma determinada seção. O algoritmo do dispositivo fundamenta-se na pesquisa bibliográfica realizada e para a execução do dispositivo utilizou-se a plataforma gratuita do Google Forms®.

Para a verificação do dispositivo, o mesmo foi utilizado em análises de estruturas do Campus da Universidade de Vale do Itajaí e também foi comparado a resultados obtidos em laudos realizados por peritos.

4. RESULTADOS

O objetivo da análise é demonstrar os principais diagnósticos e terapias das manifestações patológicas encontradas em estruturas de concreto armado em uma edificação (viga, pilar e laje) e a funcionalidade do dispositivo.
De acordo com o dispositivo, as principais manifestações patológicas recorrentes nas peças de concreto armado que são avaliadas para gerar os diagnósticos e terapias estão apresentadas a seguir.

No dispositivo, o usuário primeiro seleciona o elemento estrutural e após esta seleção, o dispositivo apresenta cada elemento com os principais sintomas, expressos na Tabela 1, cabendo ao usuário marcar o principal sintoma encontrado.

Tabela 1 – Principais manifestações patológicas recorrentes em vigas, lajes e pilares de concreto armado.

Elemento estrutural	Sintomas
Vigas	Oxidação da armadura de estribos, segregação, fissuras, infiltração, desplacamento
Lajes	Reação álcali-agregado, desgaste por abrasão, ruptura ou desplacamento de cerâmicas, infiltração.
Pilares	Desplacamento, fissuras, segregação.

Após a seleção do principal sintoma encontrado na peça estrutural, o dispositivo faz mais uma ou mais perguntas, como por exemplo, a posição do sintoma na peça estrutural ou da peça na edificação, classificação do sintoma, etc. Após as perguntas, o dispositivo aponta a possível causa do problema juntamente com a terapia deste.

4.1 Desenvolvimento do algoritmo do dispositivo

Para o funcionamento do dispositivo na plataforma do GoogleForms® a própria plataforma foi alimentada com as informações contidas na Figura 1.

ISBN 978-65-86819-05-2

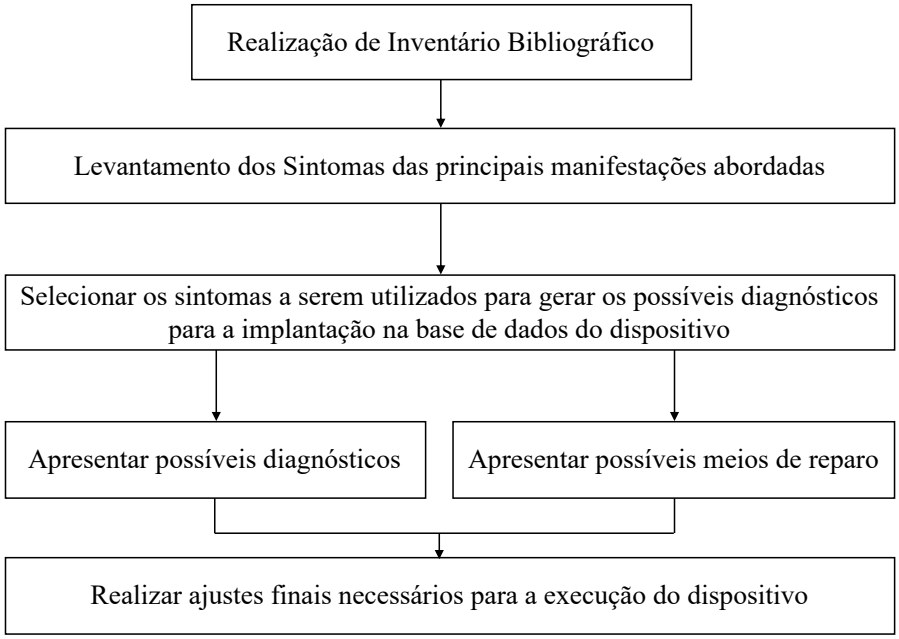

Figura 1. Dados inseridos no banco de dados da plataforma GoogleForms®.

O dispositivo se apresenta de forma simples ao usuário. Neste trabalho, para a criação do algoritmo no dispositivo, consideraram-se algumas manifestações apresentadas na sequência.

- Corrosão das armaduras: para os problemas de corrosão da armadura de estribos em vigas aparece a possível causa e terapia que seria: processo de carbonatação e possivelmente, devido a falta de cobrimento adequada da estrutura, a diminuição do pH do concreto próximo ao estribo; para a terapia, primeiramente deve-se realizar limpeza do local, fazendo com que a área oxidada fiquei totalmente descoberta, recomenda-se para a limpeza a utilização de jato de sílica para a retirada da oxidação encontrada nos estribos, se existente e após a limpeza, realizar o cobrimento com uso de epóxi ou a utilização de argamassa polimérica no local.

- Disgregação do concreto em vigas: este item foi divido entre dois subitens para reparo; os que possuíam somente danos no concreto e os que se verificavam danos às armaduras. As possíveis causas para casos de disgregação são o cobrimento insuficiente da armadura; concreto poroso; existência de anomalias no concreto; utilização de adesivos a base de cloretos e outros agentes químicos no local; mau adensamento do concreto, corrosão da armadura.

No caso de oxidação de armaduras passivas e ativas, para a execução do reparo, primeiramente deve-se fazer a verificação do grau de comprometimento da estrutura, realizando possíveis escoramentos, caso seja necessário. Posteriormente, deve-se realizar uma limpeza local, fazendo com que a área em que o aço se apresenta oxidado fique totalmente exposta. A limpeza pode ser realizada com jato de sílica, retirando a parte oxidada do local. Nos casos em que a armadura se encontra muito degradada, torna-se importante a realização de ensaios experimentais para a verificação da necessidade de execução de reforços estruturais. E, por fim, realiza-se o cobrimento adequado da estrutura com argamassa polimérica. Para os casos em que só houve oxidação de estribos, realizar a mesma terapia utilizada para a reparação de armadura de estribos aparente.

- Fissuras em vigas: apresentam-se três situações distintas a serem analisadas: situação 1, situação 2 e situação 3.

Situação 1 - as fissuras se localizam no centro da viga e na parte comprimida, com orientação vertical, ou fissuras na extremidade da viga com inclinação de 45 graus. A principal causa de aparecimentos de fissuras em vigas, na primeira situação, é por esmagamento. Podendo ser gerados por erros de cálculo e falhas de execução (como erros de adensamento e dosagens inadequadas de materiais para a produção do concreto).

Situação 2 - A segunda situação são fissuras localizadas logo acima da viga, na alvenaria, de orientação vertical. As fissuras em alvenarias são provenientes de problemas estruturais, normalmente são localizadas no centro do vão, com orientação vertical, se este for o caso, as fissuras são provenientes de flecha excessiva na viga abaixo da alvenaria. Essa flecha pode ser gerada por erros de cálculo e falhas de execução.

ISBN 978-65-86819-05-2

Situação 3 - fissuras em forma de cisalhamento na viga. Normalmente são causados por recalques diferenciais provenientes da fundação. Para o reparo das fissuras foi necessário informar que para terapia, são necessários ensaios para verificação da classificação da fissura em ativa ou passiva. Para fissuras ativas, promove-se a vedação da mesma com material elástico e não resistência, impedindo unicamente a degradação do concreto já existente. Outra técnica que pode ser utilizada é o grampeamento de armaduras feito com a colocação de grampos de aço no concreto. Para fissuras passivas, faz-se o preenchimento destas com um material resistente, como a nata de cimento Portland, ou resina epóxi. Após o preenchimento, é realizada a vedação das bordas das fissuras com material selante. Para casos de fissuras ativas, antes da execução dos reparos, são necessários ensaios para verificação das solicitações existentes da estrutura, necessitando possivelmente reforços estruturais na mesma.

- Infiltração em vigas: podem ser causados por erros de projeto, como instalações hidráulicas ou erros de execução, como impermeabilizações. Para o diagnóstico foram divididas as infiltrações em dois diferentes pavimentos da estrutura: cobertura ou pavimento tipo. As infiltrações localizadas em coberturas são predominantemente causadas por erros de impermeabilização do local. Necessitando, para os reparos, ensaios para a determinação do ponto específico de infiltração. Posteriormente, faz-se a abertura do local e a realização da nova impermeabilização do mesmo. Infiltrações localizadas em pavimentos tipos foram divididas em áreas molhadas e outros locais. Em áreas molhadas o diagnóstico e terapia seguiram os mesmos passos de problemas de infiltração em coberturas. Quanto às infiltrações localizadas em outros locais do pavimento, onde são normalmente decorrentes de vazamentos em instalações hidráulicas é necessária a abertura da área para a realização da verificação do local do vazamento. Caso seja realmente por problemas de instalações hidráulicas, deve-se realizar a troca ou reparo da mesma.

- Reação álcali-agregado em lajes: não são muito comuns em edificações, apresentam-se como fissuras em forma de “mapas”, as reações são provenientes da temperatura do ambiente, umidade do local, contaminação dos agregados por sais, penetração da água do mar ou soluções salinas no concreto, conteúdo de álcalis no cimento e consumo de cimento do concreto. Para a confirmação da existência das reações são necessários ensaios laboratoriais da manifestação patológica existente no local. Se for confirmado que se trata desta reação, existem meios para o controle da manifestação, pois não se conhece um método definitivo para a recuperação de reações álcali-agregado ou álcali-sílica. Podem-se tratar as fissuras com injeção epóxi, com prazo de manutenção da mesma de 3 a 5 anos.

- Desgaste por abrasão em lajes: é normalmente localizado em pavimentos de garagem devido à frenagem dos carros, são causados por utilização de agregados com baixa resistência à abrasão ou aplicação de um elevado fator água/cimento no concreto. Para reparos, é necessário realizar um cobrimento da área afetada, com um concreto de relação a/c baixa e uma resistência à compressão igual ou superior a 28 MPa.

- Ruptura ou desplacamento de cerâmicas nas lajes: podem ocorrer por erro de execução ou variação de temperatura. A variação provoca uma mudança volumétrica na estrutura de concreto, podendo ocasionar fissuras e o desplacamento em ambientes com junta de dilatação inadequada ou inexistente. Para a terapia da estrutura, é necessária a retirada da cerâmica e executada corretamente a junta de dilatação e aplicação do revestimento novo.

- Infiltração em lajes: podem ser causados por erros de projeto, como instalações hidráulicas ou erros de execução, como impermeabilizações. Para o diagnóstico foram divididas as infiltrações em dois diferentes pavimentos da estrutura: cobertura ou pavimento tipo. As infiltrações localizadas em coberturas são predominantemente causadas por erros de impermeabilização do local. Necessitando para reparos ensaios para a determinação do ponto específico de infiltração. Posteriormente, faz-se a abertura do local e a realização da nova impermeabilização do mesmo. Infiltrações localizadas em pavimentos tipos foram divididas em áreas molhadas e outros locais. O diagnóstico e terapia das áreas molhadas seguem os mesmos passos de problemas de infiltração em coberturas. Infiltrações localizadas em outros locais do pavimento são normalmente decorrentes de vazamentos em instalações hidráulicas. Para o reparo deste tipo de infiltração, é necessária a abertura da área para a realização da verificação do local do vazamento. Caso seja realmente por problemas de instalações hidráulicas, realizar a troca ou reparo da mesma.

- Desplacamento em pilares: tem análise similar às vigas, é normalmente causado por corrosão de armadura que pode ser provocada por execução inadequada da estrutura, resistência insuficiente do concreto, proteção e cobrimentos abaixo do solicitado para o ambiente apresentado, manutenção inadequada ou inexistente do local e, possíveis colisões de veículos nas estruturas em pavimentos de garagem. Para a realização de reparos na estrutura, deve-se realizar o escoramento do local. Se necessário, remover o concreto de cobrimento da parte afetada, realizar a limpeza do local por meio de lixamento e escovação da superfície, até não serem mais encontrados produtos da corrosão. Aplicar uma ponte

ISBN 978-65-86819-05-2

de aderência entre o material antigo e o material de recuperação. Para utilização como material de recuperação, recomenda-se utilizar graute à base de cimento, podendo ser modificado com adições de polímeros e reforçado com fibra. Para casos em que a armadura se encontra com um nível de degradação muito alto, são necessários reforços estruturais, com novas barras de aço calculadas por ensaios.

Caso a mesma tenha sido causada por colisões de veículos e ainda não possua danos à armadura interna como corrosão, recomenda-se somente a retirada da espessura de cobrimento, aplicação de uma ponte de aderência, aplicação do novo cobrimento e a utilização de mecanismos de proteção mecânica para os pilares de pavimento de garagem. As fissuras nos pilares são predominantemente provenientes das sobrecargas da estrutura devido aos possíveis erros de cálculo e falhas de execução. Além de corrosão de armadura causada por falta de cobrimento adequado da estrutura. Os reparos referentes à sobrecarga de pilares são similares aos da viga, por isso são necessários ensaios para verificação da classificação da fissura em ativa ou passiva.

Para fissuras ativas, promove-se a vedação da mesma com material elástico e de baixa resistência, impedindo unicamente a degradação do concreto já existente. Outra técnica que pode ser utilizada é o grampeamento de armaduras feito com colocação de grampos de aço no concreto. Para fissuras passivas, emprega-se um material resistente, como a nata de cimento Portland, ou resina epóxica. Após o preenchimento é realizada a selagem, promovendo a vedação dos bordos das fissuras.

Para casos de fissuras ativas, antes da execução dos reparos, são necessários ensaios para verificação das solicitações existentes da estrutura e a possível necessidade de reforços estruturais na mesma. Para fissuras causadas por corrosão de armadura, deve-se realizar o escoramento do local se necessário, remover o concreto de cobrimento da parte afetada, realizar a limpeza do local por meio de lixamento e escovação da superfície, até não serem mais encontrados produtos da corrosão. Aplicar uma ponte de aderência entre o material antigo e o material de recuperação. Para utilização como material de recuperação, recomenda-se a utilização do graute à base de cimento, que pode ser modificado com adições de polímeros e reforçado com fibra. Nos casos em que a armadura se encontra com um nível de degradação muito alto, são necessários reforços estruturais, com novas barras de aço calculadas por ensaios.

- Segregação nos pilares: foi dividida entre dois subitens para reparo, os que possuíam somente oxidação na armadura de estribos aparente e os que estavam em estágios mais avançados, possuindo oxidação nas armaduras positivas e negativas da estrutura. As possíveis causas para casos de segregação são: cobrimento insuficiente da armadura; concreto poroso; existência de anomalias no concreto; utilização de adesivos a base de cloretos e outros agentes químicos no local; mau adensamento do concreto.

No caso de oxidação de armaduras passivas e ativas, para a execução do reparo, primeiramente deve-se fazer a verificação do grau de comprometimento da estrutura, realizando possíveis escoramentos, caso seja necessário. Posteriormente, deve-se realizar uma limpeza local, fazendo com que a área em que o aço apresenta-se oxidado fique totalmente exposta. A limpeza pode ser realizada com jato de sílica, retirando a parte oxidada do local.

Nos casos em que a armadura encontra-se muito degradada, torna-se importante a realização de ensaios experimentais para a verificação da necessidade de execução de reforços estruturais. E, por fim, realiza-se o cobrimento adequado da estrutura com argamassa polimérica. Para os casos em que só houve oxidação de estribos, realizar a mesma terapia utilizada para a reparação de armadura de estribos aparente.

4.1 Validação do dispositivo

Na Universidade do Vale Itajaí, Campus Itajaí, foram analisados, no dispositivo, 3 casos (viga, pilar e laje) de manifestações patológicas em estruturas encontradas, para a verificação dos resultados. O caso 1 foi a verificação de uma manifestação encontrada numa viga como mostra a Figura 4.

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 2. Corrosão de estribos em vigas.

Para a resolução do caso analisado, o item que mais se aproxima para a seleção no dispositivo seria a oxidação de armaduras de estribos. A possível causa e terapia estão descrevidas anteriormente.

Ao ser inserida no dispositivo esta manifestação encontrada na Figura 2 o dispositivo segue com a seguinte resposta (Figura 3):

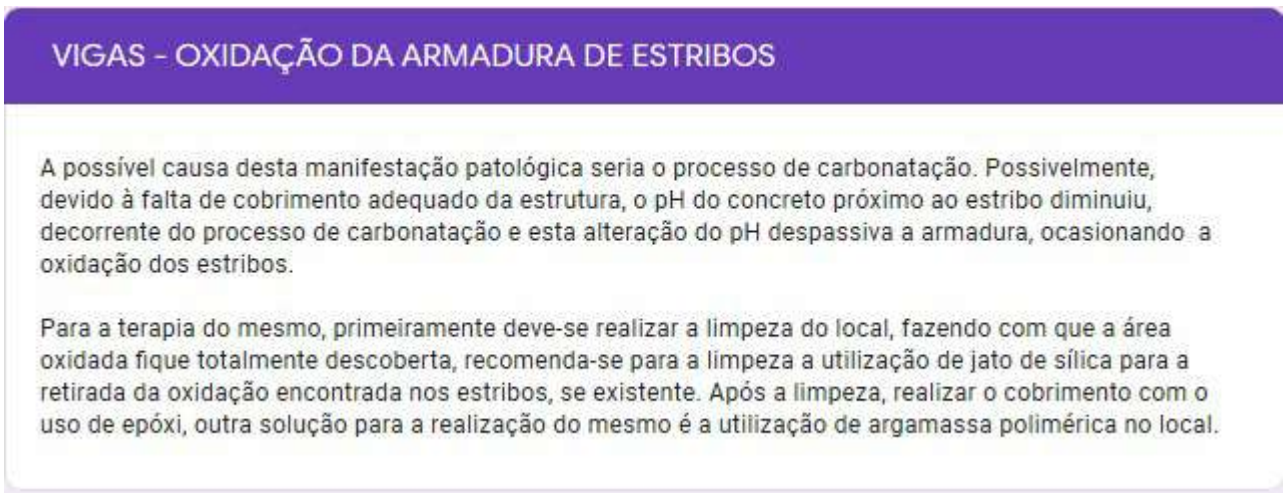

Figura 3. Resposta do dispositivo para a análise da corrosão de estribos em vigas.

O caso 2 foi uma análise de uma laje com infiltrações, como mostra a Figura 4.

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 4. Infiltração em laje.

O principal sintoma avistado é infiltração, a utilização do dispositivo aponta na Figura 5 as possíveis causas e origens, assim como, a terapia necessária.

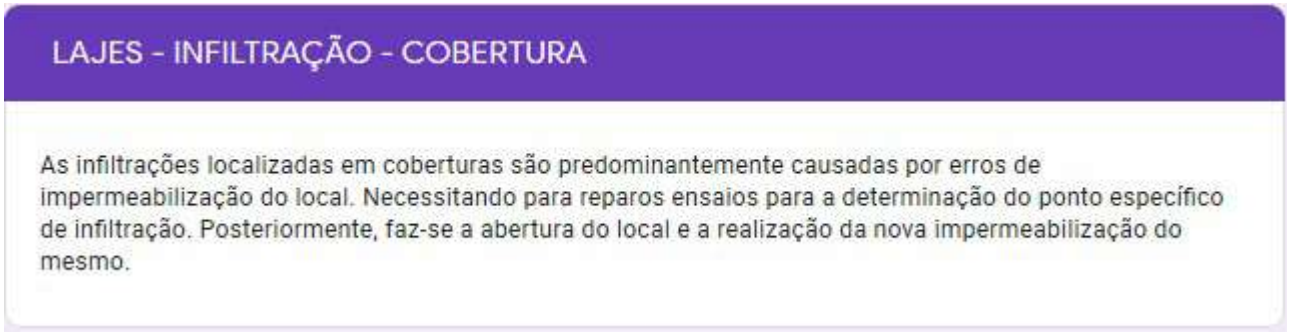

Figura 6: Resposta do dispositivo para a análise da laje de cobertura.

E no caso 3, analisou-se um pilar, mostrado na Figura 7.

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 7: Desplacamento do concreto num pilar.

Na análise da manifestação patológica, o dispositivo aponta que o desplacamento dos pilares é normalmente causado por corrosão da armadura, que pode ser provocada por baixa resistência do concreto, proteção e cobrimento inapropriado para o ambiente apresentado, manutenção inadequada ou inexistente dos locais e possíveis colisões de veículos nas estruturas em pavimentos de garagem. Para a realização de reparos na estrutura, deve-se realizar o escoramento do local se necessário, remover o concreto de cobrimento da parte afetada, realizar a limpeza do local através de lixamento e escovação da superfície, até não serem mais encontrados produtos da corrosão. Aplicar uma ponte de aderência entre o material antigo e o material de recuperação. Para a recuperação do elemento, recomenda-se a utilização do graute à base de cimento, podendo ser modificado com adições de polímeros e reforçado com fibra. Nos casos em que a armadura se encontra com um nível de degradação muito alto, são necessários reforços estruturais, com novas barras de aço calculadas por ensaios.

A validação do dispositivo também foi realizada com a utilização de laudos técnicos. O primeiro é um laudo de um edifício localizado em Curitiba-PR. O laudo apresentava problemas de infiltrações numa laje, devido ao problema no ralo atrás de uma casa de gás, como observado na Figura 8.



Figura 8: Infiltração devido à dimensão do ralo.

ISBN 978-65-86819-05-2

A empresa citou como manifestações patológicas infiltrações intensas no pavimento inferior e em paredes laterais, além da inundação do nicho em dias de chuvas intensas. Citam-se como principais causas a insuficiente dimensão do ralo e obstruções da saída de drenagem por dejetos sólidos. Para os casos em que haja obstruções do ponto principal indica-se como terapia a substituição do ralo por outro com um diâmetro maior e acréscimo de mais um ponto de drenagem auxiliar. Ao analisar a mesma imagem, o autor utilizou o dispositivo como método para diagnóstico e terapia.

O dispositivo indica que se trata de infiltrações em lajes, que não são localizadas em áreas molhadas, e estas são normalmente, decorrentes de vazamentos em instalações hidráulicas. Para o reparo desse tipo de infiltração, é necessária a abertura da área e realização da verificação do local do vazamento. Sendo ocasionada por problemas de instalações hidráulicas, realiza-se a troca ou reparo da mesma (Figura 9).

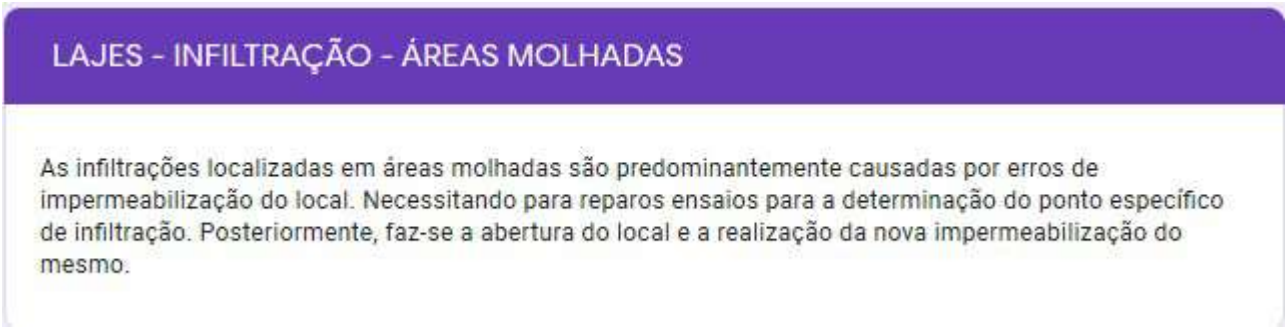

Figura 9. Resposta do dispositivo à análise de infiltração devido à dimensão do ralo.

O segundo laudo foi realizado na Secretaria Municipal de Saúde do Município de Porto Alegre. O laudo foi realizado pela secretaria de obras do município e nele se encontra como principal manifestação patológica na edificação, a infiltração. Para a alimentação do dispositivo, foram selecionadas somente as infiltrações em partes estruturais nas quais se encontravam na laje de cobertura da edificação. A Figura 9 mostra o sintoma encontrado.



Infiltrações de água decorrente de avarias no telhado, anexo à edificação. 1º andar, fachada sudeste, fundos.

Figura 10. Infiltração generalizada.

ISBN 978-65-86819-05-2

Segundo o laudo, a infiltração generalizada foi decorrente das águas de avarias do telhado, sendo assim, torna-se prudente avaliar como solução adotada, a possibilidade do arrancamento do referido telhado e posterior impermeabilização da laje de cobertura. Com a utilização do dispositivo para a avaliação da imagem, constatou-se que as infiltrações localizadas em coberturas, são predominantemente causadas por erros de impermeabilização do local. Portanto, necessitam-se, para os reparos, ensaios de determinação de um ponto específico de infiltração. Posteriormente, faz-se a abertura do local e a realização da nova impermeabilização do mesmo. Nessa edificação, também foram encontrados desplacamentos do concreto em pilares como mostra a Figura 11.



Figura 11. Desplacamento do pilar.

Segundo a perícia, os desplacamentos são provenientes da infiltração. Para a terapia, a priori realiza-se o preparo da superfície dos pilares de concreto. Removem-se todos e quaisquer materiais soltos, desagregados ou com pouca aderência com o auxílio de um ponteiro, uma marreta, mecanicamente ou ainda jato de granalha, seco ou úmido. Na presença de partículas de poeira ou cimentos desagregados remove-se com uma escova de cerdas de aço, e se limpa a superfície do concreto com solventes voláteis e estopas, pincéis ou algodões.

Realiza-se o apicoamento da superfície de concreto, tornando-a irregular para melhorar a ancoragem do concreto novo. Para a limpeza do aço exposto e a preparação da superfície utiliza-se o seguinte método: remove-se o material solto e as placas de aço corroídas mais espessas, utilizando respectivamente uma escova de aço, constantes marteladas ou a aplicação de jato de granalha (seco ou úmido); retira-se a camada fina de corrosão e oxidação fazendo uso novamente, de uma escova de cerdas de aço ou jato de granalha; por fim, se limpa a superfície do aço com solventes voláteis (acetona industrial) com estopas, pincéis ou algodões.

Aplica-se a argamassa polimérica à base de cimento (graute), para o cobrimento da armadura e a recomposição da peça de concreto (ilustração abaixo), em seguida, pressiona-se fortemente a argamassa contra a superfície de concreto a ser reparada, em camadas sequenciais de 1,0 centímetro até atingir a máxima espessura desejada. Com a utilização do dispositivo, o autor constatou, pela imagem, que a principal manifestação patológica é o desplacamento, sendo normalmente causada por corrosão de armadura que pode ser provocada por baixa resistência da estrutura, resistência insuficiente do concreto, proteção e cobrimentos abaixo do solicitado para o ambiente apresentado, manutenção inadequada ou inexistente dos locais e possíveis colisões de veículos nas estruturas em pavimentos de garagem.

Para a realização de reparos na estrutura, deve-se realizar o escoramento do local. Se necessário, remover o concreto de cobrimento da parte afetada, realizar a limpeza do local através do lixamento e escovação da superfície, até não serem mais encontrados produtos da corrosão. Aplicar uma ponte de aderência entre o material antigo e o material de recuperação. Na utilização de um material para recuperação, recomenda-se utilizar graute à base de cimento, que pode ser modificado com adições de polímeros e reforçado com fibras. Para casos em que a armadura se encontra com um nível de degradação muito alto, são necessários reforços estruturais, com novas barras de aço calculadas por ensaios. O caso avaliado no dispositivo mostrou da seguinte forma o prognóstico e o possível reparo (Figura 12):

ISBN 978-65-86819-05-2

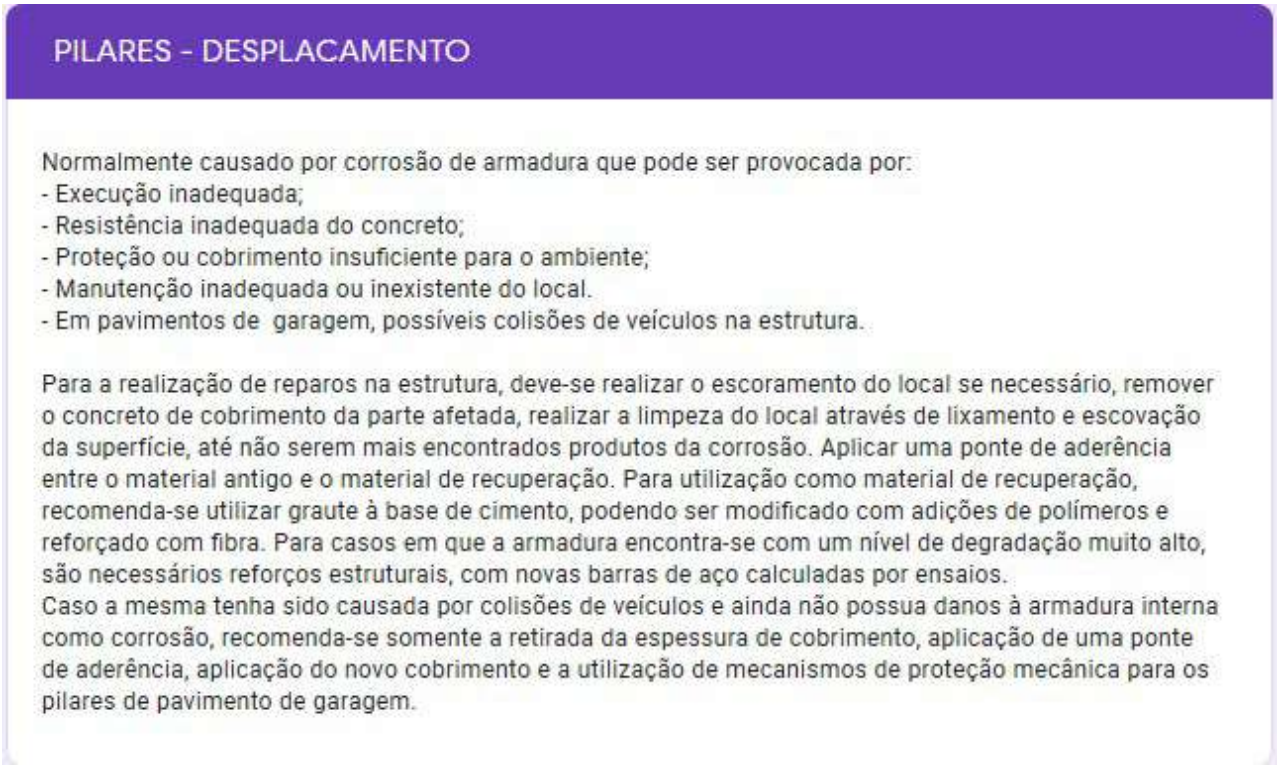

Figura 12. Resposta do dispositivo em relação ao desplacamento do pilar.

5. CONCLUSÕES

Com os estudos realizados, pode-se afirmar que a principal preocupação do engenheiro civil com relação às manifestações patológicas encontradas nas partes estruturais de uma edificação é proveniente da corrosão de armadura. Devido a sua gravidade, caso não haja o tratamento da mesma, poderá ocorrer a perda de seção e consequentemente insuficiência da capacidade portante da estrutura. Outro ponto problemático da corrosão de armadura é a ampla variedade de manifestações patológicas que podem resultar em impasses de corrosão como infiltração, segregação, fissuras e desplacamentos, causados por colisões mecânicas, entre outras.

É relevante ressaltar, que não existe um instrumento conhecido ou divulgado para a realização de diagnóstico e indicação de terapia em manifestações patológicas, salientando a importância da criação de um dispositivo e facilidade da utilização, o que contribui para a economia de tempo e de recursos. Porém, o mesmo não isenta a necessidade de ensaios e estudos complementares do engenheiro civil que esteja analisando o caso.

Pode-se concluir, por meio dos testes com a utilização do dispositivo, comparando os mesmos com laudos realizados por peritos, por meio de ensaios laboratoriais, para a determinação de manifestações patológicas encontradas na prática em vigas, pilares e lajes de edificações que os resultados são compatíveis. Este fator comprova a veracidade do estudo realizado e implantação correta dos dados no dispositivo, tornando-o eficaz para os objetivos propostos.

ISBN 978-65-86819-05-2

REFERÊNCIAS

ABRACO - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO**. Corrosão – Uma abordagem geral.**Rio de Janeiro, 2008. BASE revestimentos 2017.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. v. 1.Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1994.

CÁNOVAS, M. F. Patologia e Terapia do Concreto Armado. 1 Ed. Tradução de M. C. Marcondes; C. W. F. dos Santos; B. Cannabrava. São Paulo: Ed. Pini, 1988. 522 p.

COUTO, J. P.; COUTO, A. M. Importância da revisão dos projectos na redução dos custos de manutenção das construções. In: CONGRESSO Universidade de Coimbra, 2007.

DELLATORRE, L.A; Análise comparativa de custo entre edifício de alvenaria estrutural e de concreto armado convencional. 2014, Monografia(Graduação em Engenharia Civil), Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2014.

FISCHER, N; Softwares auxiliam o cálculo estrutural. Revista Pini, São Paulo, 2003. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/73/artigo285268-1.aspx>. Acesso em: 20 mar. 2017.
83

FREITAS, L. B; Reforço de vigas de concreto armado ao esforço cortante com chapas de aço coladas. Tese de M. Sc., COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1997.

GONÇALVES, E. A. B; Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações. 2015. 174,Monografia(Graduação Engenharia Civil) Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Google Forms 2017. Disponível em: <https://www.google.com/forms/about/>. Acesso em: 10 maio 2017.

HELENE, P. R. do. L; Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado Monografia. Escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HOBBS, D.W. Alkali-silica reaction in concrete. London: Thomas Telford, 1988.

JUNIOR, E. R; Propriedades dos materiais constituintes do concreto.Revista IPOG, Goiania, 2015. Disponível em: < https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/>. Acesso em: 28 mar. 2017.

KIMURA, A. E;Informática Aplicada em Estruturas de Concreto Armado. SãoPaulo: Pini, 2007.

KUPERMAN, S.C.; SALLES, F.M.; PÍNFARE, J.C.; CARNEIRO, E.F. Detecção da reação álcali agregado. Seminário Internacional de Barragens. Goiânia, 2005.

LINO, J. C; AZENHA, M; LOURENÇO, P; Integração da Metodologia BIM na Engenharia de Estruturas. Porto:FEUP,2012.
MARCELLI, M. Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras - São Paulo: Pini, 2007.

ISBN 978-65-86819-05-2

MATIAS, S.L; SAKAI, C.; Utilização da Ferramenta Google Forms no Processo de Avaliação Institucional: Estudo de Caso nas Faculdades Magsul. Monografia. Faculdades Magsul. Ponta Porã. Mato Grosso do Sul. 2013.

MAYR, L. R; Falhas de projeto e erros de execução: Uma Questão de Comunicação. 2000,147, Monografia (Pós-Graduação em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

MEHTA P. K; MONTEIRO, P. J. M. Concreto – Microestrutura, propriedades e materiais. São Paulo: Instituto Brasileiro do Concreto, 2008.

NAKAMURA, J; Reparo, reforço e recuperação de concreto. Revista Pini, São Paulo, 2009. Disponível em: < http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/146/artigo2854622.aspx >. Acesso em: 02 abril. 2017.
NOVO Milênio Santos, 2017 Disponível em: <http://www.novomilenio.inf.br/santos/>. Acesso em: 10 maio 2017.
84

OLIVEIRA, A. M. de; Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações. 2012. 96, Monografia(Especialização em Gestão em avaliações e perícias) Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

OLIVEIRA, F. D; Levantamento de Causas de Patologias na Construção Civil. 2013. 107, Monografia (Graduação Engenharia Civil) Escola politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

PAULON, V.A. Reações álcali-agregado em concreto. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pós-Graduação em Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 1981.

POLITO, G; Corrosão em estruturas de concreto armado: causas, mecanismos, prevenção e recuperação. Monografia (Especialização em Avaliação e Perícia). Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

ROSA, C. M. P. da; Linguagens de programação e suas aplicações: qual a melhor?São Paulo, Fluxo Consultoria, 2016.

SANTOS, C. F. dos; Patologia de Estruturas de Concreto Armado. 2014. 91,Monografia (Graduação Engenharia Civil) Centro de tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SEBESTA, R. W; Conceitos de linguagem de programação. Porto Alegre: ARTMED, 2011.

SILVA, A. de. P.e; JONOV, C.M.P Falhas e patologias dos materiais de construção. Belo Horizonte: UFMG, 2016, n.4(157).

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998.

FIGUEIREDO, A. DOMINGUES DE. **Concreto reforçado com fibras**. 2011. 256 f. Tese (Livre-Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, SP, Brasil, 2011.

HERNÁSNDEZ-OLIVARES, F.; BARLUENGA, G. **Fire performance of recycled rubber-filled high-strength concrete**. Cement and Concrete Composites, v. 34, p. 109–117, 2004.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto. Microestrutura, propriedades e materiais**. 3. ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

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

RECICLANIP. **Evolução dos pontos de coleta**. Disponível em: <http://www.reciclanip.org.br>. Acesso em: 19 nov. 2017b.