XIII CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS

Volume I-A
Manifestações Patológicas

ISBN: 978-85-65425-32-2

07 a 09 de Setembro de 2017
Centro de Convenções do Cariri
Crato - Ceará - Brasil

REALIZAÇÃO

Universidade Regional do Cariri - URCA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CARIRI

UNIVERSIDADE ESTADUAL VALE DO ACARAÚ

Faculdade Paraíso - CE

APRESENTAÇÃO

Para o especialista em patologia das construções é fundamental o conhecimento da tecnologia dos materiais utilizados, os métodos de ensaios a serem realizados, os sistemas de medições da geometria das estruturas, das diversas deformações e, obviamente, os recursos da resistência dos materiais e do cálculo estrutural. Muitos desses métodos apresentam uma acelerada evolução e é bastante intensa a velocidade com que aparecem novos materiais e técnicas para o estudo das patologias, assim como para a execução dos trabalhos de reabilitação e reforços. Considerando a importância do conhecimento das manifestações patológicas nas estruturas, suas causas e principais técnicas empregadas na recuperação destas estruturas, as instituições de ensino superior URCA, UFCA, UVA e FAP promoveram no período de 7 a 9 de setembro de 2017, o **XIII CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIA E REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS - CINPAR 2017**.

O CINPAR 2017 representa uma importante etapa para aquisição de novos conhecimentos, técnicas e tecnologias que sejam de grande valia para a realização dos trabalhos de restauração e recuperação das estruturas. Tem por objetivo geral promover a divulgação de novos conhecimentos sobre as manifestações patológicas das estruturas, suas causas e efeitos, assim como os mais modernos procedimentos e materiais utilizados na recuperação das estruturas.

Dentre os pesquisadores/palestrantes que compatilharam seus conhecimentos, estiveram presentes:

- Prof. Angel Oshiro (Argentina)
- Prof. Eduardo Ballan Ballan (Espanha)
- Prof. Elton Bauer (Brasil)
- Prof. Esequiel Mesquita (Brasil)
- Prof. Gibson Meira (Brasil)
- Prof. Humberto Varum (Portugal)
- Profª Irani Clezar Mattos (Brasil)
- Prof. Jefferson Luiz Alves Marinho (Brasil)
- Prof. Marcelo Marquez Marambio (Chile)
- Profª Maria Positieri (Argentina)

COMITÊ ORGANIZADOR

Presidente Geral: Francisco Carvalho de Arruda – UVA – IEMAC (Brasil)

Vice-presidente: Humberto Varum – FEUP (Portugal)

Presidente Local: Jefferson Luiz Alves Marinho – ITEC – URCA (Brasil)

Janeide Ferreira Alencar de Oliveira – ITEC – URCA (Brasil)

Antonia Fabiana de Almeida – UFCA (Brasil)

Sofia Leão Carvalho – FAP (Brasil)

COMITÊ CIENTÍFICO

Presidente: Jefferson Luiz Alves Marinho – ITEC – URCA (Brasil)

Alexandre Araujo Bertini – UFC (Brasil)

Angel Oshiro – UTN – FRC (Argentina)

Antonia Fabiana de Almeida – UFCA (Brasil)

Antonio Nobre Rabelo – URCA (BRASIL)

Eduardo Ballán – UCJC (España)

Enio Pazini Figueiredo – ECC-UFG (Brasil)

Esequiel Mesquita – Universidade Do Porto (Portugal)

Francisco Carvalho de Arruda Coelho – UVA (Brasil)

Gibson Rocha Meira – IFPB (Brasil)

Humberto Varum – FEUP (Portugal)

Jefferson Heráclito Alves de Souza – URCA (Brasil)

José Luís Rangel Paes – Universidade Federal de Viçosa (Brasil)

Maria Josefina Positieri – UTN – FRC (Argentina)

Renato de Oliveira Fernandes – URCA (Brasil)

Soledad Gómez Lorenzini – PUC (Chile)

SUMÁRIO

ESTADO DE DETERIORAÇÃO DAS OBRAS DE ARTE DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS DO AÇUDE GRANDE DA CIDADE DE CAJAZEIRAS, PARAÍBA 6

ANÁLISE DOS DANOS ESTRUTURAIS DA PONTE SOBRE O RIO DESTERRO LOCALIZADA NA BR-101/PE 17

LA INFLUENCIA DEL VIENTO EN LA CORROSIÓN DE ESTRUCTURAS. ESTUDIO DE CASO DE DOS EDIFICACIONES EN HORMIGÓN ARMADO CONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE FORTALEZA / BRASIL 27

AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS - ENSAIO DE RESISTÊNCIA 38

UM ESTUDO SOBRE A DEGRADAÇÃO ESTRUTURAL DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS 67

DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS: ESTUDO DE CASO EM QUADRAS ESPORTIVAS 83

PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÃO COM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO 95

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CLIMA EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS 102

INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA. 119

INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS TÚNEIS URBANOS DA CIDADE DO RECIFE: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS 138

ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PÓS-OCUPAÇÃO IDENTIFICADAS NO CONJUNTO HABITACIONAL DO PROGRAMA MINHA CASA, MINHA VIDA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE. 161

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM AMBIENTES ESCOLARES: ESTUDO DE CASO DAS ESCOLAS DE REFERÊNCIA DE PERNAMBUCO 173

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE PÚBLICA DA CIDADE DO PAULISTA/PE: ESTUDO DE CASO 189

IMPACTOS DO PROJETO ARQUITETÔNICO NO SURGIMENTO DAS PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES EM FORTALEZA / BRASIL – EVIDÊNCIAS E EXPERIMENTOS. 202

PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL ARLINDO FERREIRA DOS SANTOS.....219

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFICAÇÕES DA REGIÃO DO VALE DO AÇU/RN.....239

ESTUDO DE CASO DE UM LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM BELO HORIZONTE.....256

PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DA REDE PÚBLICA ESTADUAL DO CEARÁ 279

DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTO ARGAMASSADO: ESTUDO DE CASO EM UM HOSPITAL PÚBLICO 294

INSPEÇÕES EM PONTES E VIADUTOS E AS PRINCIPAIS ANOMALIAS OBSERVADAS.....304

A INFLUÊNCIA DA NBR 15575:2013 NAS MUDANÇAS DE ABORDAGEM DAS PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS 321

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA PONTE SOBRE O RIO SAMPAIO – ATALAIA/PA 335

ESTUDO COMPARATIVO DA AGRESSIVIDADE DO AR ATMOSFÉRICO DE FORTALEZA NOS ANOS DE 2016 E 2017 358

CATALOGAÇÃO DE FISSURAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM BRASÍLIA 377

A IMPERMEABILIZAÇÃO COMO CAUSA DE PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES 396

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS COMUNS NOS REVESTIMENTOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, CAMPUS DO SERTÃO 410

INSPEÇÃO PREDIAL: UM ESTUDO DE CASO DA LEI MUNICIPAL 9.913 DE FORTALEZA/CE 424

CORROSÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: MECANISMOS E TECNOLOGIAS PARA PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO.....438

APLICAÇÃO DE MÉTODO QUANTITATIVO PARA AVALIAÇÃO DE MARQUISES: UM ESTUDO DE CASO NA W3 SUL 461

ANÁLISE DA CORROSÃO DE ARMADURA POR ATAQUE DE ÍONS CLORETO EM UMA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO LOCALIZADA NA REGIÃO LITORÂNEA DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL 476

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS NA CIDADE DE ANGICOS-RN 492

PRINCIPAIS PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES MULTIFAMILIARES: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E CORREÇÕES 513

AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO PAVIMENTO DE CONCRETO DA AVENIDA CONDE DA BOA VISTA – TRECHO 13 – BRASIL, RECIFE 526

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTADO DE DETERIORAÇÃO DAS OBRAS DE ARTE DO SISTEMA DE DRENAGEM DAS ÁGUAS DO AÇUDE GRANDE DA CIDADE DE CAJAZEIRAS, PARAÍBA

State Of Deterioration Of The Works Of Art Of Drainage System Of Weir Grande's Waters Of Cajazeiras City, Paraíba

Daniel TORRES FILHO[1]

[1]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Serra Talhada-PB, Brasil, danieleng.civil@yahoo.com.br

Resumo: As pontes são elementos utilizados para transpor cursos d'água que se apresentam como obstáculos para vias no geral. A deterioração desses elementos acabam por diminuir o período de vida útil e pode impossibilitar o uso da estrutura. Com isso, periodicamente inspeções devem ser feitas no intuito de identificar problemas que a estrutura possa vir a apresentar e tentar repará-la, garantindo o funcionamento da estrutura com segurança. Este trabalho é fruto da analise das pontes que compõem o sistema de drenagem das águas do Açude Grande da cidade de Cajazeiras, onde alguns problemas patológicos foram identificados e algumas soluções de reparo foram propostas.

Palavras-chave: Concreto armado, materiais de construção, durabilidade, ponte.

Abstract: Bridges are elements used to bridge watercourses that present obstacles to roads in general. The deterioration of these elements decreases the service life time and can make it impossible to the use of the structure. Periodical inspections should be done in order to identify and repair structural problems, ensuring safe operation of the structure. This paper shows the assessment of bridges that compose the drainage system of "Açude Grande" of Cajazeiras city, where some pathological problems were identified and some repair solutions were proposed.

Keywords: Reinforced concrete, Materials of construction, durability, bridge.

1. Introdução

O estado de deterioração das estruturas que compõe o espaço urbano é extremamente variável, existindo obras em perfeito estado de conservação, como também obras extremamente deterioradas. Algumas dessas obras podem até a entrar em colapso, colocando em risco a segurança daqueles que delas fazem uso, ou provocar acidentes de magnitudes e consequências diversas.

O meio ambiente no qual a estrutura se encontra é o responsável pela sua deterioração, seja qual for o material utilizado para produzi-la, a exemplo do concreto armado. São vários

ISBN: 978-85-65425-32-2

os fenômenos que causam a deterioração das estruturas de concreto armado, existindo casos onde apenas o concreto é atacado, e outros onde a armadura é completamente destruída.

Nos casos onde a estrutura é projetada e executada sem levar em consideração esses possíveis efeitos degradantes a vida útil da estrutura é reduzida, atingindo o seu estado limite último em pouco tempo.

As pontes são estruturas extremamente necessárias para os locais que apresentam desenvolvimento, sendo responsáveis pela ligação entre pontos que apresentam algum tipo de obstáculo a ser vencido.

No Brasil, o concreto armado é muito utilizado na construção de pontes pelas diversas vantagens que esse material oferece. Em muitos casos, essas pontes não são projetadas, não são executadas de modo a garantir a sua durabilidade, e nem sequer passam por um processo de manutenção adequado e periódico. Isso tudo promove o avanço sem controle da degradação na estrutura. Muitos são os casos de estruturas deterioradas e os motivos da deterioração são diversos, seja por um agregado reativo, presença de cloretos e/ou sulfatos, umidade elevada, enfim. Desse modo, o nível de deterioração da estrutura será função da qualidade da estrutura, e aqui entra escolha de materiais, dosagem, execução, entre outros, e da agressividade do ambiente.

Esse trabalho tem por objetivo analisar o estado de deterioração das obras de arte do sistema de drenagem das águas do Açude Grande da cidade de Cajazeiras-PB e verificar as condições de uso das pontes que compõem esse sistema, levando em consideração o seu nível de deterioração.

2. Algumas considerações a respeito das patologias apresentadas pelas estruturas de concreto armado

Os principais fatores que contribuem para a deterioração das estruturas de concreto armado são basicamente a presença de umidade, as concentrações de dióxido de carbono, sulfatos e cloretos, as variações de temperatura, principalmente quando as mesmas atingem os limites de congelamento (baixas temperaturas) ou quando apresentam-se elevadas, em torno de 40º C, temperatura natural de certos ambientes, ou em situações de incêndio.

A umidade funciona como um veículo para a entrada dos agentes agressivos no interior do concreto. Além disso, as reações que causam a degradação do material só ocorrem se esses agentes estiverem dissolvidos em soluções.

A difusão é o principal mecanismo de entrada desses agentes no concreto. O processo de difusão se baseia em uma movimentação de substâncias entre pontos onde as concentrações dessa substância sejam diferentes. Logo, quando não existe presença de umidade no interior do concreto o processo de entrada de cloretos e dióxido de carbono, por exemplo, é dificultado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Ao penetrar no concreto, o CO_2 acaba reagindo com o hidróxido de cálcio liberado na hidratação dos compostos do cimento formando o carbonato de cálcio. Esse fenômeno é conhecido como carbonatação.

O hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) é um dos responsável pela alcalinidade do concreto. Dessa forma, o pH medido no interior do concreto pode chegar a valores da ordem de 13,5. O pH do concreto estando elevado promove uma proteção das barras de aço da estrutura, onde o aço é passivado, com isso o material não entra em estado de corrosão, garantindo a durabilidade da estrutura.

O nível de concentração do CO_2 é quem vai ditar a velocidade da carbonatação, porque a carbonatação inicia-se a partir da superfície e vai penetrando no interior do material, chegando até a superfície das barras. Por isso, em locais com grandes quantidades de carros e indústrias, locais onde existe uma grande liberação de CO_2, a carbonatação ocorre com mais velocidade e a espessura do cobrimento das barras de aço deve ser maior que em locais onde esse fenômeno ocorre com menos intensidade.

Apesar da necessidade da presença de água para que ocorra a carbonatação, se a umidade do concreto for elevada, em ponto de saturação, não se produz um nível de carbonatação tão elevado, podendo haver uma interrupção desse processo. Isso também ocorre quando o concreto está totalmente seco. Segundo BERTOLINI (2010), a velocidade de carbonatação mais elevada está normalmente no concreto protegido da chuva e em equilíbrio com uma atmosfera que apresenta umidade relativa entre 60,0% e 80,0%.

A carbonatação não é um problema que causa uma redução efetiva da resistência do concreto. O principal problema desse fenômeno é a perda de proteção da armadura. Estando a armadura despassivada e em presença de umidade e oxigênio, a corrosão acontece livremente. Esse é o principal problema causado pela carbonatação.

Estando a estrutura despassivada e em virtude da diferença de potencial entre diferentes regiões da barra de aço, inicia-se o processo de corrosão, liberando elétrons da região anódica, que é a região onde ocorre a oxidação do aço, para a catódica, que é onde ocorre a redução de substâncias presentes no eletrólito através do consumo dos elétrons. BERTOLINI (2010) diz que o mecanismo eletroquímico da corrosão requer que, ao mesmo tempo, ocorra um processo catódico (que consuma os elétrons gerados pelo processo anódico).

Quando o aço vai sendo corroído existe uma diminuição da seção resistente do aço, podendo provocar problemas de estabilidade, pois o esforço será o mesmo, mas a quantidade de material resistente não. Além disso, as substâncias produzidas na corrosão do aço ocupam um volume maior que o ocupado pelos produtos que lhe deram origem, provocando tensões internas que causam a fissuração do concreto, expondo ainda mais o aço aos efeitos degradantes do ambiente.

Outra forma de ataque ao concreto se dá em virtude dos íons sulfatos presentes em águas e solos contaminados, que penetram no concreto e reagem com os componentes da matriz de cimento. Essa reação acaba por produzir a etringita, composto que apresenta um maior volume, e em virtude disso acaba gerando tensões internas no concreto causando a sua degradação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A entrada do sulfato no concreto se dá em virtude da sua permeabilidade, que sendo alta vira porta aberta para qualquer agente agressivo. Além disso, para a formação da etringita é necessária a presença dos aluminatos. Os aluminatos fazem parte da composição do cimento, e quando se apresentam em grande quantidade alimentam a formação da etringita, agravando ainda mais esse tipo de ataque.

Além do que foi apresentado, existem muitas outras formas de ataque às estruturas de concreto armado como a reação álcali-agregado causada por agregados reativos, ataque por ácidos, ação gelo-degelo, entre outros.

3. Apresentação do objeto de estudo e metodologia adotada na análise da estrutura

O canal que serve de escoamento das águas do Açude Grande da cidade de Cajazeiras-PB em momentos de cheia, foi uma obra de saneamento extremamente importante, pois direcionou o fluxo de água advindo do vertedouro do açude que antes seguia por um leito natural causando alguns transtornos para os habitantes daquela região.

Antes da construção do canal existiam algumas pontes que atendiam as necessidades do fluxo de veículos da época. Em função do avanço da cidade, essas pontes foram destruídas para dar lugar a outras pontes com o tabuleiro mais largo, maior vão e maior cota, que são as pontes no qual esse artigo faz referência. Para uma melhor identificação, as pontes foram nomeadas da seguinte maneira P1, P2 e P3. Na Figura 1 apresenta-se uma vista aérea da disposição das pontes.

Figura 1 – Vista aérea das pontes do sistema de drenagem do Açude Grande. (Fonte: Google Maps, 2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Todas as pontes foram construídas em concreto armado. As características dimensionais das pontes estão apresentadas na Quadro 1.

Quadro 1 – Características dimensionais das pontes.

Ponte	**Largura do Tabuleiro (m)**	**Comprimento (m)**	**Cota do fundo da ponte ao fundo do canal (m)**
P1*	10,10	10,20	2,04
P2* **	22,70	16,80	2,03
P3	8,20	15,30	3,60
**Ponte em laje.* ***Ponte esconsa com dois apoios internediários.*			

As ponte P1 e P2 são pontes em laje com espessura de 35,0 cm. Já a ponte P3 é apoiada sobre vigas principais de 40,0 cm de largura por 90,0 cm de altura. Nas Figuras 2, 3 e 4 apresenta-se uma vista de cada uma das estruturas.

Figura 2 - Vista lateral da ponte P1.

Figura 3 - Vista lateral da ponte P2.

Figura 4 - Vista lateral da ponte P3.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A análise das condições de deterioração das estruturas se baseou apenas em uma análise visual e direta dos elementos, de modo a tentar identificar os principais sintomas patológicos que as estruturas venham a apresentar e enquadrar esses sintomas às patologias correspondentes a esses.

4. Descrição e análise dos problemas patológicos da estrutura

A avaliação das pontes P1, P2 e P3 foi realizada no dia 02 de abril de 2017.

4.1 Descrição e análise da ponte P1

A face superior da ponte encontra-se deteriorada em virtude do desgaste abrasivo promovido pela passagem dos veículos, como se mostra na Figura 5, em contraste com a parte inferior da laje que, apesar da existência de sujeira, apresenta o concreto integro, como mostrado na figura 6. Já as faces laterais da laje apresentam-se com uma grande presença de umidade, manchas características de material corroído e muitas fissuras (Figura 7). Além disso, existem casos de expulsão do concreto em virtude da formação dos produtos da corrosão da armadura e do baixo recobrimento, sendo possível perceber ainda a presença de fissuras longitudinais e desgaste das arestas (Figura 8).

O passeio da ponte é feito com placas de concreto pré-moldado apoiadas nos bordos. A porta de entrada da água na estrutura se dá pelas juntas das placas que não são vedadas, proporcionando o acumulo de água, gerando os problemas apresentados.

Figura 5 - Deterioração do pavimento da ponte P1.

Figura 6 - Parte inferior da ponte P1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 7 - Umidade e fissuras nas faces laterais da laje.

Figura 8 – Expulsão do concreto pela ação da corrosão da armadura e fissuras longitudinais.

4.2 Descrição e análise da ponte P2

A partir da observação feita foi possível constatar que o concreto da face lateral da laje foi revestido com uma camada de argamassa que agora está se destacando da base, como mostra a figura 9. O destacamento da camada de argamassa das faces laterais da laje ocorre em virtude do pobre sistema de ligação da camada de argamassa com a base de concreto. É possível ver que a base de concreto foi somente picotada em alguns pontos, além da baixa qualidade da argamassa, muito porosa, acumulando muita umidade, o que facilita o processo de corrosão da armadura.

Da mesma forma que na ponte P1, o passeio dessa ponte também é constituído por placas pré-moldadas apoiadas nos bordos, permitindo também a passagem e acúmulo de águas nas juntas dessas placas.

Ao verificar a face inferior da laje foi observado que essa face apresentava vários pontos de corrosão da armadura e expulsão do concreto, justamente em pontos de acúmulo de água na face superior, além da presença de muita umidade. Com a água penetrando de cima para baixo, juntamente com o baixo recobrimento da armadura, que pode ter provocado uma rápida despassivação do aço, a armadura foi corroída e o concreto do cobrimento acabou sendo expulso, com apresentado na Figura 10. Existem ainda alguns pontos de corrosão onde a camada não foi totalmente expulsa mas se encontra totalmente fissurada, com o cobrimento prestes a soltar-se, bem como a existência de pontos de eflorescência no fundo da laje.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 9 - Destacamento do revestimento da laje.

Figura 10 - Corrosão da armadura com expulsão do concreto

4.3 Descrição e análise da ponte P3

Grande parte das vigas que compõe o sistema estrutural da ponte encontram-se com a espessura de cobrimento deficitária, onde foi possível perceber a presença dos estribos próximos da face do elemento estrutural por meio das manchas de corrosão ou mesmo pela própria presença da armadura, mostrando que não foi utilizado nenhuma espécie de espaçador no momento da concretagem entre a armadura e a face da viga (Figura 11), além disso existem pontos de congestionamento das armaduras longitudinais que impediram a passagem do concreto, formando nichos de concretagem, como se vê na Figura 12, onde as armaduras estão bem próximas.

Também foi constatada a presença de fissuras longitudinais nas laterais das vigas, na sua parte inferior, onde tradicionalmente existe acúmulo de água.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 11 - Presença dos estribos próximos da face inferior da viga.

Figura 12 – Pontos de congestionamento de armaduras longitudinais.

Figura 13 – Pontos de corrosão da armadura inferior da laje.

Figura 14 - Falhas de concretagem da viga.

A face inferior da laje apresenta pontos de corrosão onde a drenagem do pavimento é deficitária. A figura 13 mostra um desses pontos, que se encontra justamente próximo de uma das vigas principais, localizado onde no momento da observação existia um acúmulo de água na parte superior da laje pela falta de drenagem.

Em uma das faces laterais de uma das vigas principais existem grandes falhas de concretagem, muito provavelmente por fuga da nata de cimento, pois existem agregados que não apresentam pasta de cimento aderido, evidenciando essa fuga, como é mostrado na figura 14. Isso pode ser fruto da falta de vedação das formas e do excesso de água do concreto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Sugestões para reparo da estrutura

5.1 Sugestões para a ponte P1

A face superior da laje que apresentava grande desgaste abrasivo deve ser recuperada. Possuindo a área degradada um formato irregular, essa área deve ser enquadrada em uma área retangular. Todo o concreto de revestimento enquadrado nessa área deve ser retirado e o concreto remanescente da parte degradada deve ser picotado para melhoria da aderência da camada de revestimento que será aplicada. Por a camada a ser revestida ser de baixa espessura o material utilizado nessa camada deve conter agregados de pequena espessura.

A estrutura do passeio deve ser repensada de modo a evitar que a água penetre nas juntas das placas. Uma solução seria a utilização de novas placas rejuntadas com material impermeável.

Nas laterais da laje, onde houver material corroído ou presença de fissuras, esses pontos devem ser demarcados e o concreto dessa área deve ser retirado cuidadosamente. Após a retirada do concreto o local deve ser limpo e avaliado. Se a armadura estiver pouco corroída será necessário apenas a limpeza da barra e recomposição da seção de concreto respeitando os cobrimentos mínimos exigidos pela ABNT NBR 6118: 2014. Agora, se mais de 10% da área do aço já estiver corroída será necessário recuperar a área de aço para posterior recomposição da seção de concreto com espessura de cobrimento adequada.

5.2 Sugestões para a ponte P2

A camada de revestimento de argamassa que foi aplicada nas laterais da estrutura deve ser totalmente retirada juntamente com o concreto da base, eliminando todo o revestimento da armadura. Os pontos que apresentam indícios de corrosão da armadura devem ser recuperados do modo como foi sugerido na seção anterior. A mesma operação deve ser feita nos pontos que apresentam corrosão da armadura no fundo da laje.

5.3 Sugestões para a ponte P3

As vigas principais dessa ponte estão em sérias condições, pois possuem baixo cobrimento de armadura e nichos de concretagem por congestionamento de armadura, bem como fuga da nata de cimento, provavelmente, nos pontos onde as formas não possuíam uma perfeita vedação.

Nessas condições, o mais indicado seria aumentar a seção de concreto para a proteção das armaduras, recuperar os pontos onde a armadura foi mais corroída ou apenas limpar os pontos da armadura onde o desgaste da armadura foi menor que 10 % da seção, além da recomposição da seção que apresenta os nichos de concretagem.

Para os pontos de corrosão no fundo da laje é indicado proceder como sugerido na seção 5.1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Em todas as pontes estudadas não existe um sistema de drenagem eficiente que conduza as águas para fora da estrutura, sendo necessária a implantação de um sistema de drenagem eficiente de modo que evite o acúmulo de água no tabuleiro da ponte, evitando as infiltrações causadoras de tantos problemas.

6. Considerações finais

No geral, o aspecto do conjunto de estruturas não é dos piores para uma obra com mais de 30 anos de executada, pois os problemas encontrados são pontuais e passíveis de correção.

As técnicas construtivas utilizadas na época da construção e a tentativa de manutenção que foi feita talvez sejam os principais fatores que contribuíram para o desenvolvimento dos problemas apresentados. Um aspecto que contribui para o não desenvolvimento de mais problemas na estrutura é a classe de agressividade do ambiente, podendo o ambiente ser enquadrado, segundo a classificação apresentada pela ABNT NBR 6118: 2014, como sendo de Classe II, onde o risco de deterioração é pequeno. Além do mais o clima da região é predominantemente seco, contribuindo ainda mais para o não avanço da degradação da estrutura em virtude da baixa umidade do concreto em determinados períodos do ano.

As sugestões de reparo propostas se executadas certamente irão preservar a integridade da estrutura garantindo o seu funcionamento por um período bem maior. Logicamente deve ser observado que essas são apenas sugestões, passiveis de serem alteradas com o desenrolar da execução.

Referências

ANDRADE, M. C. P. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras; tradução de Antônio Carmona e Paulo Helene. São Paulo: PINI, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto: procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

BERTOLINI, L. Materiais de Construção: patologia, reabilitação, prevenção; tradução de Leda Maria M. Dias Beck. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

HELENE, P. R. L. Manual Prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: PINI, 1988.

RIBEIRO, D. V. [et. al.] Corrosão em estruturas de concreto armado: Teoria, controle métodos de análise / organização Daniel Véras Ribeiro. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DOS DANOS ESTRUTURAIS DA PONTE SOBRE O RIO DESTERRO LOCALIZADA NA BR-101/PE

Analysis Of The Structural Damages Of The Desterro River's Bridge Located At BR-101 / PE

Clayton GOMES[1], **Eudes** ROCHA[2], **Afonso** VITÓRIO[3]

[1]Doutorando em Engenharia Civil - UFPE, Pernambuco, Brasil, claytonjgsilva@gmail.com
[2]Mestre em Engenharia Civil - UPE, Pernambuco, Brasil, eu_des@hotmail.com
[3]Prof. Dr. Convidado da UPE, Pernambuco, Brasil, afonsovitorio@gmail.com

Resumo: A deterioração e os danos estruturais têm sido os principais causadores de degradação das Obras de Artes Especiais, particularmente no que tange aos viadutos e às pontes das rodovias brasileiras. Tais manifestações patológicas, associadas à ausência de planejamento ou de manutenções preventivas, além de elevar os custos das respectivas recuperações, podem causar nessas obras o Estado Limite de Serviço (quando a funcionalidade é comprometida) e até o Estado Limite Útil (quando é posta em risco a estabilidade estrutural). Diante do exposto, este trabalho analisou os danos estruturais e as manifestações patológicas da Ponte sobre o Rio Desterro na BR-101/PE. Para orientar a inspeção, foi utilizado o banco de dados do DNIT (SGO), tendo sido adotado os critérios da norma DNIT 010/2004 – PRO. Os resultados obtidos possibilitaram identificar o atual estado da estrutura analisada, bem como contribuir para alertar sobre a importância da realização de manutenções preventivas periódicas, no intuito de evitar o precoce aparecimento de deficiências estruturais e anomalias, além de proporcionar uma maior vida útil e durabilidade à ponte objeto deste estudo e às Obras de Arte Especiais da malha rodoviária brasileira.

Palavras-chave: Danos estruturais. Manifestações Patológicas. Inspeção. Pontes e Viadutos. Manutenção.

Abstract: The deterioration and structural damages have been the main cause of degradation of the special engineering structures (SES), particularly with regard to viaducts and bridges of Brazilian highways. The aforementioned problems associated with the absence of planning or preventive maintenance, as well as raising the costs of the respective recoveries, can promote to these constructions the attainment of the State Service Limit (when the functionality is compromised) and even the State Limit Useful (when the structural stability is adversely affected). In this context, this study analyzed the structural damages and pathological manifestations of the Desterro River's Bridge in BR-101 / PE. To guide the inspection, the DNIT database (SGO) was used, and the standard DNIT 010/2004 – PRO were also adopted. The results obtained allowed to identify the current state of the analyzed structure, as well as contribute to alert the importance of periodic preventive maintenance, in order to avoid the early appearance of structural deficiencies and anomalies, besides

ISBN: 978-85-65425-32-2

providing a longer life and durability to the object of this study and others special engineering structures of the Brazilian's road.

Keywords: Structural damage. Pathological manifestations. Inspection. Bridges and viaducts. Maintenance.

1. Introdução

O surgimento das primeiras pontes primitivas aconteceu por meio do tombamento de pequenos troncos de árvores sobre riachos ou depressões para permitir a transposição de tais obstáculos. O uso de travessias com o emprego de cipós inspirou o sistema estrutural das pontes pênseis (MEYER, 2011). Com o emprego de pontes rústicas (pedras) na Mesopotâmia, Egito, Pérsia e na Grécia, iniciou-se o desenvolvimento de melhores técnicas de construção. Após esse período, houve um destaque por parte dos romanos em relação às construções de pontes em arco.

Com a chegada da Revolução Industrial, foi possível utilizar o aço para construção de pontes de vãos grandes, particularmente no que diz respeito às denominadas pênsil. As tipologias de pontes caixão, mistas e estaiadas deram sequência a esse desenvolvimento, sendo as pontes de concreto armado e protendido as mais utilizadas no Brasil e mundialmente até os dias atuais.

Segundo o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT existem cerca de 6.000 pontes e viadutos cadastrados na malha rodoviária federal brasileira, sendo aproximadamente 600 localizadas nas rodovias federais do Estado de Pernambuco. A maioria dessas Obras de Arte Especiais FORAM concebidas na década de 70, cujo período se destacou pelo grande investimento financeiro e pelo elevado fluxo de veículos (Cunha, 2011). Porém, a ausência de estratégias públicas voltadas para sua manutenção, além da não observação do microclima onde estão inseridas, causou o desenvolvimento de manifestações patológicas e o aparecimento de danos estruturais a essas estruturas, trazendo como consequência a gradativa e excessiva deterioração das mesmas.

Baseado no exposto, a pesquisa verificou as condições estruturais da ponte sobre o Rio Desterro, localizada na rodovia federal na BR-101/PE, retratando ainda tópicos relativos à conservação e à estabilidade desta estrutura.

2. Conceitos relacionados ao Estudo

2.1 Patologia das estruturas e danos estruturais

Segundo Helene (1992), "Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis". Os aspectos mencionados anteriormente se destacam por permitir o diagnóstico de qualquer estrutura. Além disso, é salutar identificar a decorrência dos problemas, também chamado de prognóstico. Em linhas gerais, retrata o que poderá acontecer à estrutura caso não se adotem as medidas preventivas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Segundo Verly (2015), “Grande parte dos problemas patológicos se refletem em manifestações externas, ou sintomas, que permitem fazer julgamentos acerca das demais partes do diagnóstico do problema”. As denominações mais utilizadas para os sintomas são: danos, defeitos, lesões ou manifestações patológicas (HELENE, 1992).

Diversos são os tipos de manifestações patológicas. No presente estudo, serão abordadas aquelas mais presentes na estrutura analisada, tais como, corrosão de armaduras, eflorescências, desplacamento do concreto do cobrimento, fissuras, dentre outras.

2.2 Durabilidade, vida útil e desempenho

Normalmente, as referidas terminologias são utilizadas de maneira equivocada por possuírem conceitos similares. Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014), a durabilidade pode ser conceituada como “a capacidade da estrutura de resistir às influências previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos da elaboração do projeto”. Diferentemente da durabilidade, o período de vida útil “é o tempo durante o qual uma estrutura tem um comportamento satisfatório sob o ponto de vista da segurança, funcionalidade e economia” (APPLETON, 2013, p. 215).

No que diz respeito ao desempenho, Medeiros, Andrade e Helene (2011) mencionam que existem diversos níveis mínimos.

Sendo assim, percebe-se que há uma correlação entre os 3 conceitos, conforme exemplificado por Silva (2016) na Figura 1, adaptada de Andrade e Silva (2005).

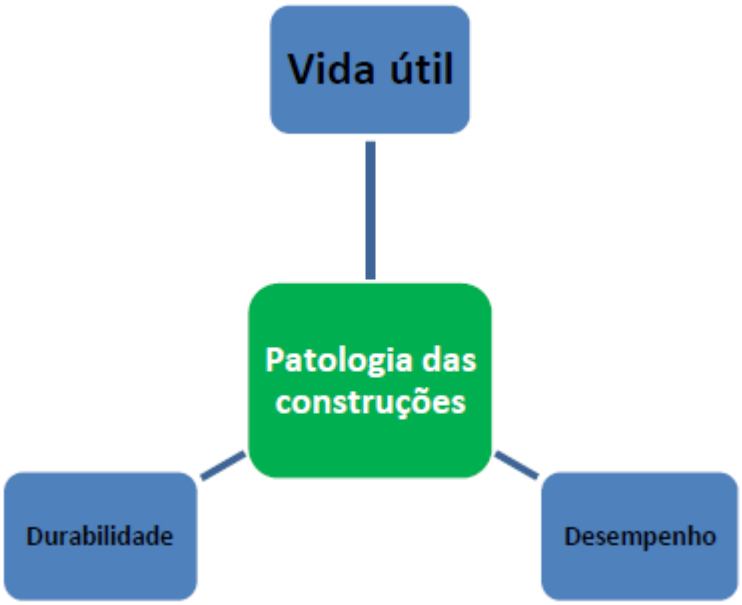


Figura 1- Correlação entre Durabilidade, Vida útil e Desempenho

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Estudo de caso

3.1 Metodologia

O Estudo de Caso contemplou a Ponte sobre o Rio Desterro, localizada na BR-101/PE, km 47,7, com base em algumas das informações obtidas do banco de dados do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO) do DNIT, e de vistoria rotineira na realizada na estrutura analisada.

Como elemento norteador, foi utilizada a metodologia da Norma DNIT 010/2004 – PRO, a qual conceitua a condição de estabilidade, através da atribuição de uma nota que pode variar de 1(obra crítica) a 5 (obra sem problemas). Dessa forma, foi possível identificar e diagnosticar os problemas patológicos e os danos estruturais de maior incidência na ponte estudada.

3.2 Descrição da estrutura analisada

Trata-se de obra de arte especial com superestrutura em concreto armado. O tabuleiro tem de 8,4 m de largura útil entre barreiras tipo Jersey e 9 m de extensão, apoiado sobre encontros de alvenaria de pedra argamassada.

O sistema estrutural do tabuleiro é composto por três longarinas, de altura constante, intertravadas por transversinas. A laje tem dois balanços laterais de aproximadamente 1,15m.

As Figuras 2 a 4 exibem, respectivamente, a vista superior, seção transversal e longitudinal da Ponte sobre o Rio Desterro, respectivamente.

Figura 2- Vista Superior

ISBN: 978-85-65425-32-2

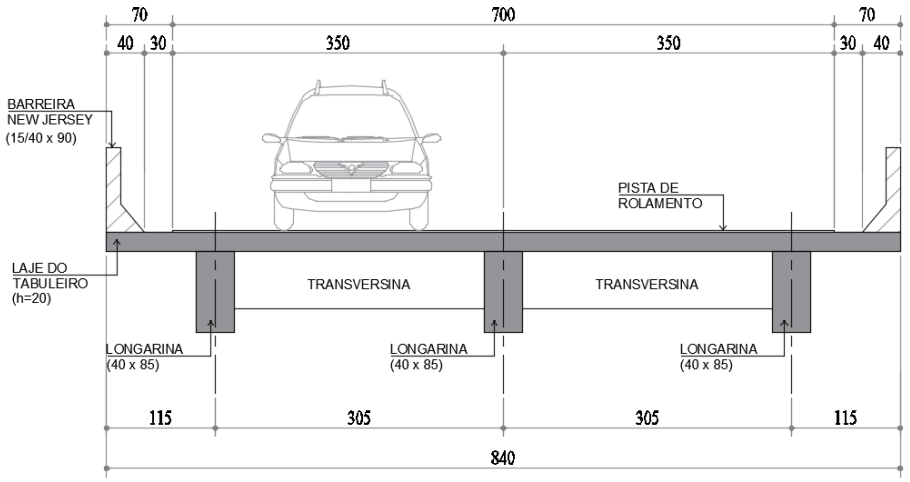


Figura 3 – Croqui da seção transversal da ponte (medidas em centímetros)

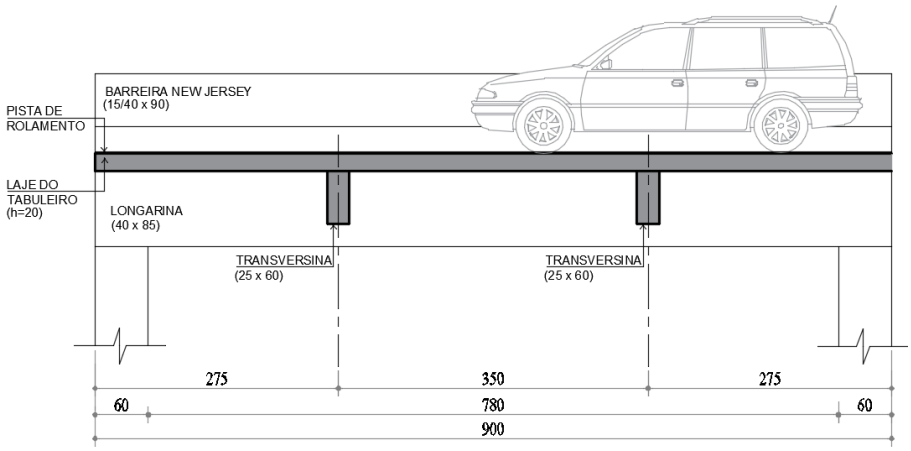


Figura 4- Croqui da seção longitudinal da ponte (medidas em centímetros)

3.3 Mapa de Localização

A Figura 5 apresenta a localização da ponte onde se percebe que a OAE se encontra próxima ao Oceano Atlântico. A obra em estudo cruza o Rio Desterro que segundo Paiva (2014) é um rio com alto nível de poluição, recebendo esgotos sanitários, rejeitos industriais e resíduos sólidos descartados pelas comunidades ribeirinhas que contribuem para alteração do curso natural do rio. Muito embora a estrutura em estudo não sofra a ação da névoa salina, por estar a uma distância considerável do oceano, pode-se classificar o ambiente ao qual a estrutura está submetida como uma zona de agressividade ambiental muito forte (nível IV), uma vez que as estruturas estão sujeitas a respingos de maré e grande poluição do rio.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5- Localização da Ponte sobre o Rio Desterro

3.4 Manifestações patológicas e danos estruturais identificados na ponte estudada

Os principais danos estruturais e manifestações patológicas identificadas na ponte estudada estão ilustrados nas Figuras 6 a 13.

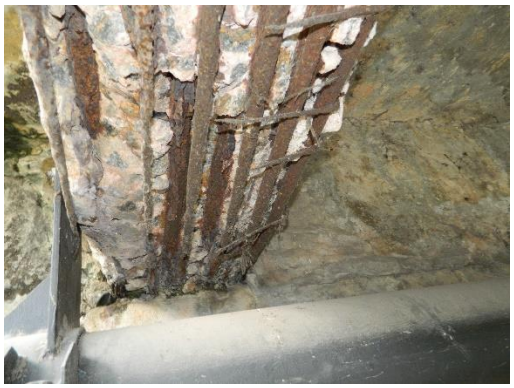


Figura 6 – Acentuada corrosão de armaduras e redução de seção na longarina de bordo, apresentando inclusive estribos rompidos

Figura 7 – Corrosão na armadura principal na longarina de bordo

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 8 – Corrosão de armaduras acelerada pelo cobrimento insuficiente em longarina de bordo

Figura 9 – Transversina apresentando corrosão de armaduras nas faces lateral e inferior

Figura 10 – Trinca existente em uma das alas da ponte

Figura 11 – Presença de eflorescência em transversina da ponte

Figura 12 - Ninhos (falhas) de concretagem em balanço da ponte, ocasionando corrosão de armaduras

Figura 13 – Bolor e umidade em balanço da ponte

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. Comentários finais

A degradação das Obras de Arte Especiais brasileiras se faz presente não somente nas rodovias federais, mas também em níveis estaduais e municipais. Sabe-se que o ambiente agressivo, a carência de políticas públicas e, principalmente, a inexistência de manutenções preventivas contribuem para o surgimento das manifestações patológicas e dos danos estruturais que comprometem atualmente significativa quantidade de pontes e viadutos do sistema rodoviário brasileiro.

No que tange à condição de estabilidade da ponte, ela foi classificada com a Nota 1, conforme os critérios da norma DNIT 010-200 PRO, tendo em vista que as longarinas de bordo se encontram altamente deterioradas e recebem o maior carregamento proveniente do fluxo de veículos. Em relação a isso, o DNIT já adotou as providências necessárias para sua reabilitação por meio de contratação de empresa para elaboração de anteprojeto o qual está em fase final de aprovação.

Este estudo da ponte do Rio Desterro mostra que providências importantes devem ser tomadas para evitar o aparecimento e a propagação desses sintomas. Para isso deverão ser observadas todas as etapas, iniciando por uma correta elaboração de projetos, uma definição apropriada das características dos materiais que devem ser utilizados conforme a tipologia construtiva, o atendimento ao preconizado nas normas vigentes, em especial, aos aspectos relacionados à durabilidade e vida útil, complementados por uma boa execução e uma fiscalização eficiente. Torna-se ainda essencial implantar e pôr em prática sistemas de gestão de pontes e viadutos nas esferas federal, estaduais e municipais, bem como utilizar novas técnicas de monitoramento, como já acontece em outros países, que possam proporcionar a tomada de decisão em momento oportuno sobre quais os tipos de intervenção que deverão ser realizadas em determinada ponte antes que a evolução dos danos amplie exponencialmente os custos de recuperação e reforço.

Evidentemente, a viabilização desse processo de gestão e manutenção de pontes irá depender de um adequado planejamento e da formação de equipes técnicas qualificadas para realizar as inspeções, diagnosticar as anomalias e propor as adequadas correções que deverão fazer parte de uma previsão orçamentária. Ou seja, a boa conservação das obras públicas de infraestrutura também é um importante fator de boa aplicação dos recursos públicos.

Por fim, salienta-se que é condição SINE QUA NON, para proporcionar aumento da durabilidade e da vida útil das pontes e dos viadutos rodoviários brasileiros, que sejam adotadas políticas mais abrangentes e sistemáticas, que se postas em práticas pelo poder público irão, além de impedir o precoce surgimento de anomalias e de deficiências estruturais nessas obras, também garantir uma maior segurança aos usuários das rodovias, e economia ao setor produtivo brasileiro que depende fundamentalmente do transporte rodoviário e pode ter prejuízos de grande magnitude quando acontece a interdição ou o desabamento de uma ponte.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências

ANDRADE, T.; SILVA, A. J. C. Patologia das estruturas. In: HELENE, P. R. L. (Dir.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON. ISAIA, G. C. (Ed.), 2005, v. 2, p. 953 – 983.

APPLETON, J. Estruturas de betão. 1. ed. Portugal: Edições Orion, 2013, v. 1, p. 203 – 245.

BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de janeiro, 2014.

CUNHA, A. A Estudo das patologias em obras de arte especiais do tipo pontes e viadutos estruturados em concreto. 152p. Projeto final de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Goiânia, 2011.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Norma DNIT 010/2004 – PRO: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – procedimento. 1.ed. Rio de Janeiro, 2004.

_____. Sistema de gerenciamento de obras de arte especiais - SGO. Inspeção rotineira e dados cadastrais. Brasília, 2015. 1 CD-ROM.

HELENE, P. R. L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2 ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

MEDEIROS, M. H. F. de.; ANDRADE, J. J. de O.; HELENE, P. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. 1. ed. In: FILHO, J. M. (Dir.). Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON. ISAIA, G. C. (Ed.), 2011, v. 1, p. 773 – 808.

MEYER, K. F. Passarelas e pontes para dutos. 2. ed. Belo Horizonte: RONA. 2011. 243p.

PAIVA, J. Camaragibe-PE: Moradores sofrem e temem a poluição do rio quando as chuvas chegarem. TV Replay, jornalismo on line. Disponível em: <http://www.tvreplay.com.br/jornalismo/camaragibe-pe-moradores-sofrem-temem-poluicao-rio-quando-chuvas-chegarem/> Acesso em: abr. de 2017.

SILVA, C. J. G. Uma amostra das condições estruturais e funcionais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco. 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

VERLY, R. C. Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em Obras de Arte Especiais. 198p. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Construção Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

LA INFLUENCIA DEL VIENTO EN LA CORROSIÓN DE ESTRUCTURAS. ESTUDIO DE CASO DE DOS EDIFICACIONES EN HORMIGÓN ARMADO CONSTRUIDAS EN LA CIUDAD DE FORTALEZA / BRASIL

The Influence Of Wind On Structures' Corrosion. A Study Case In Two Reinforced Concrete Buildings In Fortaleza City / Brazil

José Emidio A. BEZERRA[1]. Antônio Eduardo B. CABRAL[2]. Angel OSHIRO[3].

1. Universidade de Fortaleza. Fortaleza. Brasil. joseemidiobezerra@outlook.com.
2. Universidade Federal do Ceará. Fortaleza. Brasil. eduardo.cabral@ufc.br.
3. Universidad Tecnológica Nacional, Córdoba. Argentina. oshiroangel@gmail.com.

Resumen: Tras verificar si el factor predominante para la corrosión de las estructuras con entramados de acero es la distancia del mar o efecto del viento, el investigador científico analizó cómo son las ocurrencias de corrosión en estructuras de dos edificios en la ciudad de Fortaleza, ubicados en diferenciadas distancias considerando la posición del mar. La investigación científica constató que no es el contenido de sal en el agua del mar el principal agente causante de la corrosión de las estructuras en hormigón armado, sino el viento que sirve de transporte para los cloruros.

Palabras claves: Estructura. Hormigón. Agresividad. Ambiental. Viento.

Abstract: In order to verify if the predominant factor in structural corrosion is the distance of the sea or the presence of the wind, it was analyzed the corrosion' occurrence in two different building structures in Fortaleza city placed. These two buildings are placed in different distances concerning to the sea. It was found that the salt content of seawater was not the main corrosion agent for reinforced concrete structures, but the wind that transport chlorides.

Keys words: Structure. Concrete. Aggressiveness. Environment. Wind.

1. Introducción

La corrosión existente en el entramado de acero del hormigón armado, material que prepondera en la construcción de las estructuras de los edificios en Brasil, es la causa principal de los daños y de los riesgos a la seguridad de las edificaciones brasileñas. Para Gentil (1996) "Un entramado de acero no es susceptible a sufrir corrosión, sino cuando hay contaminación y deterioración del concreto".

De acuerdo con Sosa-Baz *et al* (2015), los contaminantes gaseosos y sólidos añadidos a los agentes meteorológicos determinan la intensidad y la naturaleza de los procesos corrosivos; así como cloros y sulfatos son los principales contaminantes de la atmósfera.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Aludiendo Genescá (1994), los autores Sosa-Baz *et all* (2015) caracterizan el medio ambiente marino cómo muy agresivo, porque las sales son transportadas por el viento y se acumulan sobre las superficies de los metales, provocando su corrosión.

Martinez *et all* (2014) después de extensas investigaciones, utilizando aparato de ultrasonido en cuerpos de pruebas extraídos de las estructuras más o menos cercanas del mar, afirman que para las estructuras la influencia del medio ambiente es mayor que la calidad del concreto.

Helene (2015), que hizo la presentación de Gjorf (2015), afirmó que "la agresividad de los cloruros a los entramados de acero del hormigón armado y pretensado, puede ser considerada como la mayor agresividad que la naturaleza puede imponer a los sistemas estructurales de concreto.

2. Objetivo

El objetivo de este artículo es presentar la influencia del viento en la intensidad de la corrosión en estructuras reales de hormigón armado en una ciudad costera.

3. Características geofísicas de Fortaleza

La ciudad está ubicada en el litoral del Atlántico Sur (Figura 1) con altitud media de 16 m. Adelante de la deriva continental por 150 millones de años, en el Jurásico Superior, la ciudad de Fortaleza era contigua a la ciudad de Laos, en el Golfo de la Guiñé - Nigeria.

Es, aún, la capital brasileña más próxima del continente europeo, quedándose a cerca de 5.608 km de lejos de la ciudad de Lisboa.

Figura 15: Brasil, Estados y Capitais. Fuente: Google Maps. Acesso: 09/05/2017

ISBN: 978-85-65425-32-2

La evolución geológica provocó el surgimiento de las grande dunas y de tableros en el litoral de la región.

Fortaleza posee clima tropical semihúmedo (tipo As, según grado climático de Köppen-Geiger), con temperatura media anual de 26,5 ° C. El mes de diciembre es el más cálido y julio el más frío. No hay estaciones del año bien definidas. La cuadra lluviosa (conocida como invierno en el Nordeste brasileño) ocurre desde enero hasta junio, y la estación seca (conocida como verano) acontece desde agosto hasta diciembre (que deberían ser el invierno y la primavera). En media en la región, llueve cerca de 1 600 milímetros (mm) en todo el año, con mayor intensidad entre los meses de febrero y mayo, siendo abril el mes con mayor precipitación. Su ubicación, entre las Sierras de Aratanha y Maranguape, presenta más lluvias que todos los otros sitios de la Comunidad de Ceara.

En el día 31/01/2016 los datos del BDMET (Banco de Datos Meteorológicos) del Instituto Nacional de Meteorología - INMET, en Fortaleza, en la estación 82397, con la latitud de -3,81 grados y longitud - 38,53 grados, a la altitud de 26,45 m, era: la velocidad media del viento es de 2,31 m/s, temperatura máxima de 31ºC, temperatura mínima de 24ºC y media relativa de 82%.

En relación a los vientos, Silva (2003) estudió los vientos en las regiones Norte y Noreste, conforme al mapa de la Figura 2.

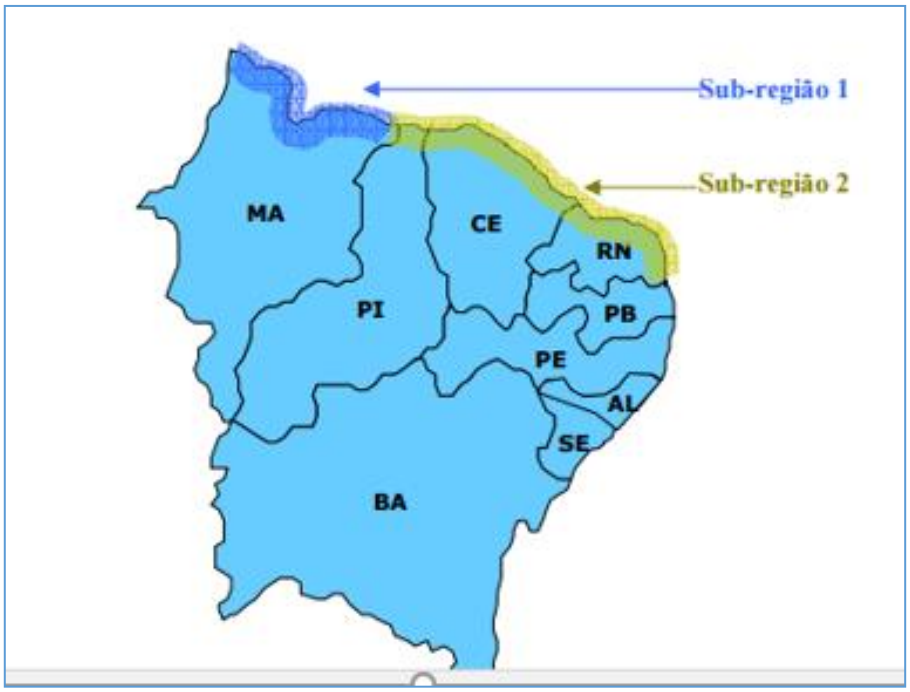


Figura 2 Mapa de las ventanas en las Regiones Norte-Nordeste. Fuente: Silva (2003)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Según ellos, en la sub-región que se encuentra en el litoral del Piauí y en el Río Grande del Norte, los vientos son una combinación de vientos Alisios y corriente marina, y presentan velocidades medias entre los 7,5 hasta 9,0 m/s, considerando la altitud de 50 m.

En Fortaleza/Ce, donde se ubica esa investigación científica, la dirección predominante de los vientos es de Este para Sudeste (Figura 3), según estudios de Cabral y Campos (2015), con base en datos del Instituto Nacional de Meteorología - INMET y confirmados en estudios de campo con manga de viento y brújula. La velocidad media de los vientos de acuerdo con o INMET, desde noviembre de 2015 hasta octubre de 2016 fue de 3,375 m/s y, sin embargo, los autores verificaron velocidad de hasta 12,49 m/s.

Figura 3: Dirección de los vientos en Fortaleza. Fuente: Cabral Y Campos (2015)

4. Características geofísicas de las playas urbanas de Fortaleza.

Como **l**as playas más importantes de la ciudad se quedan en la avenida Beira Mar (borde del mar), que en Fortaleza significa que se encuentran entre la playa de Iracema y la playa de Mucuripe, pasando por la Playa de Meireles y la Playa nombrada Volta da Jurema, todas en la dirección oeste-este. En la playa de Mucuripe después de un fuerte cambio de dirección de la cuesta, casi 90ºC, empieza la Playa de Futuro, con una dirección predominante norte-sur hasta la embocadura del Rio Ceará. La corriente marina y los vientos alisios soplan perpendiculares a la Praia do Futuro y paralelos a la Beira Mar.

ISBN: 978-85-65425-32-2

En la avenida Beira Mar se hace presente la tranquilidad en las olas, pero en la Playa de Futuro, en función del relieve, el mar revuelto presenta olas que se chocan continuamente y así, se crea una niebla salada permanente, que se distribuye con el viento, topando la barrera de dunas llena de arenas finas.

La salinidad de la Playa de Futuro y la de la Playa del Meireles son la misma, aunque la agresividad ambiental es diferente, como ha comprobado Cabral y Campos (2015).

Cabral y Campos (2015) con base en la 2ª Ley de Fick, clasifican las zonas de agresividad ambiental por cloros según el expuesto en la Figura 4 - muy fuerte, fuerte, moderada y blanda.

Figura 4 - Clases de agresividad en Fortaleza basado en la 2ª Lei de Fick. Fuente: Cabral y Campos (2015).

Nota:

La segunda Ley de Fick que trata de la difusión en el estado no estacionario dice que: "cuando la concentración de una especie en difusión varía con el tiempo, esta especie en la difusión se acumulara dentro del volumen. Bajo condiciones transitorias o no

estacionarias, el gradiente por lo tanto, el flujo J de la Ecuación (ecuación 1) varía con el tiempo".

$$J_1 = -D\frac{\partial C}{\partial x} \quad (1)$$

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Estudio de campo de la acción del viento marino en las edificaciones.

Para comprender mejor la influencia del viento en la corrosión de estructuras de hormigón armado, fueron evaluadas dos construcciones ubicadas en playas cercanas, pero perpendiculares entre sí considerando sus implantaciones, en la zona Este de la ciudad de Fortaleza. Ambas las edificaciones poseen aproximadamente 30 años de construcción y se puede evaluar el estado de integridad de sus estructuras de hormigón armado.

5.1 Edificación A

Esta construcción está ubicado en la Avenida Abolição, cruce con la calle José Ibiapina, lejana 100 m de la Avenida Presidente Kennedy, más conocida como Avenida Beira Mar en dirección Norte-Sul y lejana 3,35 km de la Playa de Futuro en la dirección Este-Oeste. Mira Figura 5.

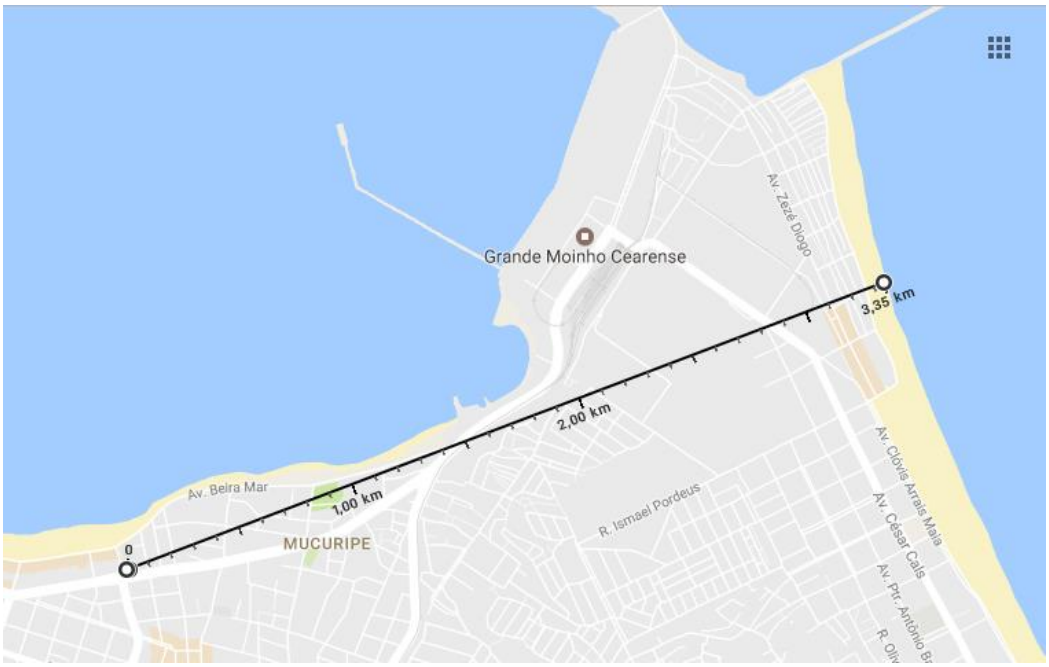


Figura 5. Localização do prédio 1 na Av, da Abolição. Fonte: Google Maps.

Esta edificación (Figura 6) después de pasar algunos pocos años con la estructura de hormigón armado completamente intacta, paredes se agrietaron y desaciertos empezaron a aparecer en pilares, vigas y losas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6: Edificación A. Fuente: Google Earth. Asesada en10/03/2017.

Sin embargo, ocurrencias patológicas no se distribuyen uniformemente al largo de todo el suelo. Desde el centro de la construcción hasta la fachada Sur, en la Avenida Abolição, donde pasan los vientos alisios de la lejana Playa de Futuro, la edificación presenta una gran cantidad de corrosión en sus elementos estructurales.

En todas las demás partes de cada planta, aunque mucho más cerca de la Playa de Meireles, que está ubicada a sólo 200 metros de la edificación, considerando la línea del agua del mar (véase la Figura 5), pero donde las edificaciones vecinas forman una barrera a los vientos de la Playa de Futuro, presentaron significativamente una corrosión menos significativa.

Es decir, la influencia del viento, que pasando por la Playa de Futuro entra en el continente en la dirección paralela a la Playa de Meireles, Playa de Futuro que es 18 veces más lejos de la Playa de Meireles, es más grande que la atmósfera marina sin viento hacia la edificación.

Ha sido hecha en 1996 una recuperación estructural, según la contratación firmada con una corporación local: se retiró una capa de recubrimiento de concreto llena de hendiduras, provocadas por la expansión de los productos de corrosión electroquímica, fue producida la desoxidación de las barras de ferrocarril por los chorros de arena, ocurrió la aplicación de tinta llena de Zinco para blindarles con una protección catódica por ánodo de sacrificio y por fin fue hecho un recubrimiento con argamasa polimérica para reparos propios.

Pasados cerca de 21 años, los que se encuentra allá es una edificación hotelera y no hay ningún registro de hendiduras en la estructura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5.2 Edificación B

Otra edificación B (Figura 7) posee sótano, planta baja, seis plantas típicas y una terraza con piscina y parrilla.

Figura 7: Edificación B. Fuente: Google Earth asesada en 10/03/2017.

Está ubicada en una colina al borde de la Avenida Santos Dumont, (Figura 7) a unos 800 m desde la línea del mar en la playa del Futuro. En esta ubicación las borrascas de viento son constantes y muy fuertes.

La edificación fue construida en los años 80 con 12 viviendas de alto nivel con un área interior de aproximadamente 230 m2, más allá de una Recepción, un Salón de Fiestas, una Sala de Recreación, Alojamiento para Empleados, Baños, Sauna y Piscina en la planta baja. La edificación aún posee un garaje sin ascensor, una piscina comunal, y una entrada por el nivel de la Avenida Santos Dumont, porque la diferencia de nivel existente en el sitio así lo permite.

En 2016 había muchas hendiduras en las estructuras de concreto, aceros expuestos y oxidados en vigas, pilares y en los balcones que se proyectan en el vacío en las fachadas.

Debido al avanzado estado de corrosión de la estructura, los obreros han puesto anclajes metálicos en todos los balcones y muy reciente han realizado una recuperación estructural de la edificación.

Abajo (Figura 8) se puede mirar la ubicación de la edificación B y su distancia a la playa.

ISBN: 978-85-65425-32-2

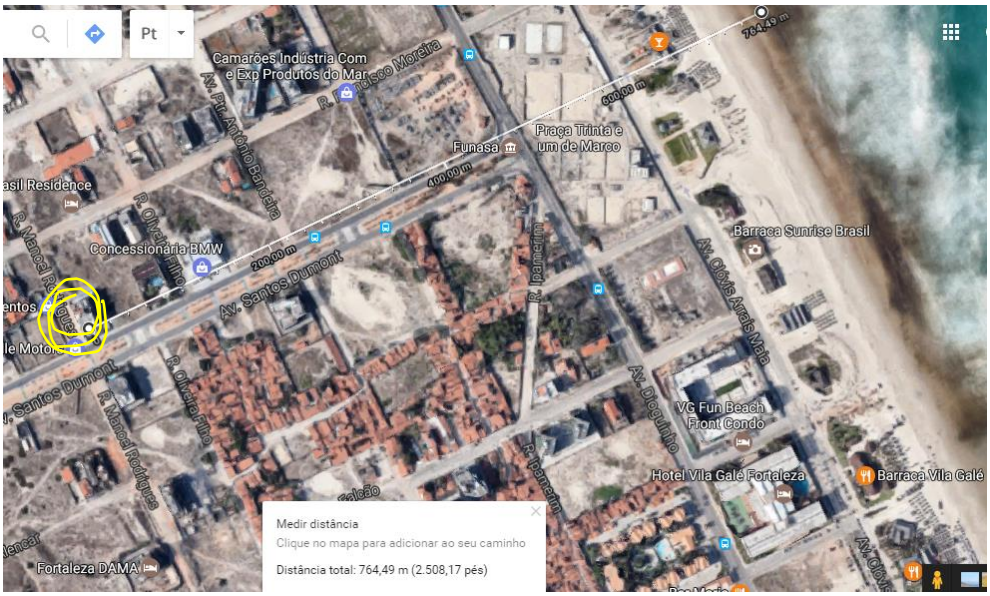


Figura 8 Praia do Futuro. Av. Santos Dumont. Fuente: Google Earth (2017)

Sin embargo, un hecho patológico en la planta baja, por abajo del techo de madera, atrajo una considerable atención: se encontró una viga en el techo de la planta baja (Figura 9) en el que fue demolida parte del hormigón para el paso de tubería sanitaria, dejando sólo dos barras de acero AC-50 de 12,5 mm de diámetro positivo de unión al pilar.

Por la imagen está claro que las dos barras de acero están oxidadas, sin embargo, por el tiempo en que están expuestos, más de 30 años, y en comparación con los elementos de fachada, el grado de desgaste no es excesivo y se puede ver que es menor que el 10% de su diámetro, lo que es aceptable por la mayoría de las especificaciones.

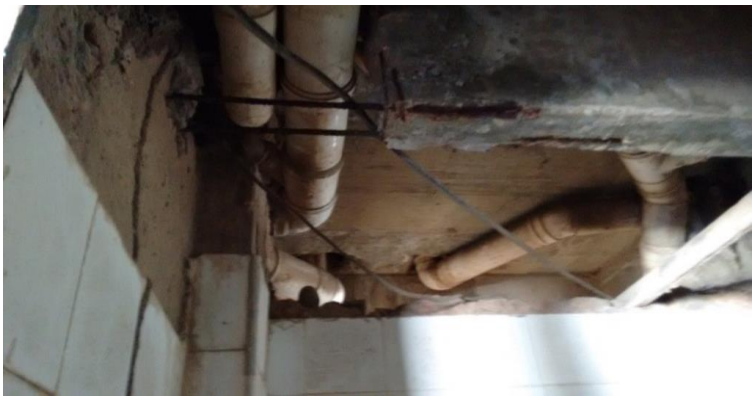


Figura 9: Pasaje de tubería por vía en el techo del suelo térreo. Fuente: autor (2017)

En esto ejemplo, hay en una sola viga de hormigón armado dos tipos de corrosión electroquímica en la parte de las barras de acero: la que están en contacto con el concreto y la corrosión por exposición a la humedad.

ISBN: 978-85-65425-32-2

También se observa que el recubrimiento, en las demás vigas y losas, ha demostrado proporcionar cierta protección a la estructura, porque había poca corrosión, bien distinta de las partes de los pilares que están abajo de dicho recubrimiento y por lo tanto puede recibir las cargas de viento húmedo con la sal marina de paso, que adentran a los ambientes por a través de las ventanas.

Otrosí, no se puede dejar de observar una falla en la conducción de la ejecución de las obras de esta edificación que permitió dejar una viga en este estado, encubierta por el forro de lambri de madera por tantos años.

6. Conclusiones

Ambas las edificaciones se encuentran dentro de la zona del aire más agresivo en Fortaleza, según una investigación de Cabral y Campos (2015).

La edificación A está más cercana del mar (Playa de Meireles) que la edificación B (Playa de Futuro). Sin embargo, la edificación B recibe los vientos alisios, procedentes de la Playa de Futuro, en toda su fachada Este, más afectada por la corrosión en los pilares, vigas y losas de los balcones de las viviendas.

La corrosión en la edificación B, adelante de la recuperación estructural, era más intensa y más extensa que la corrosión en la edificación A.

La parte de la edificación A que presentaba más puntos de corrosión no era la más cercana del mar en la Playa de Meireles. La parte más afectada se encuentra frente a la avenida más alejada del mar, pero es la que recibe los vientos provenientes de la Playa de Futuro.

Así que se puede concluir que no es la salinidad del agua que contribuye a que una región sea considerada agresiva para las estructuras de hormigón armado, sino la presencia y dirección del viento.

Gjorv (2015) afirma que actualmente es posible hacer hormigones muy resistentes a la acción de los cloruros utilizando cementos con alto contenido de escoria de alto horno y que comprobó que el formato de los elementos estructurales interfiere en la intensidad de los daños debido a esos iones. En sus investigaciones en Noruega, también verificó que los decks formados por vigas y losas presentaron más daños que aquellos con losas planas.

Otro punto importante es considerar que la presencia del mar es constante y la inclusión de cloruros durante la ejecución de la obra es una realidad, por lo que el empleo de pre-fabricación de vigas, losas y pilares en lugares protegidos debe ser considerado. Gjorg también aclara ser una buena estrategia el uso de la prefabricación para garantizar la durabilidad.

De esta forma, es importante que los proyectos de nuevas edificaciones consideren esto punto, pues el viento hace el clima de la ciudad más apacible, pero trae los agresivos cloruros que causan intensa corrosión en las estructuras, en los vehículos y en los aparatos electrodomésticos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referencias

BDMET-INMEP (2017). Banco de Dados Meterológicos para Ensino e Pesquisas. www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/. Acceso en 11/02/2017.

Cabral, A. E. B. e Campos, A. M. R. (2015). Estudo da agressividade ambiental do ar em Fortaleza/Ce. Fortaleza, PEC/UFC, 2015

Ciência dos Materiais Multimídia. (2017). Capítulo14 – Mobilidade atômica. Tópico 14.3. Segunda Lei de Fick (I): Difusão em Estádio Não-Estacionário. http://www.cienciadosmateriais.org/index.php?acao=exibir&cap=19&top=294. Acceso en /02/2017.

Gentil, Vicente (1997). Corrosão. – 3.ed. – Rio de Janeiro, LTC, 1997.

Giorv, Odd E. (2015). Projeto da durabilidade de estruturas de concreto em ambientes de severa agressividade. São Paulo, Oficina de Textos, 2015.

Mapa do Brasil, estados e capitais. Google Maps (2017). Acceso en 09052017.

Martínez, Jesús Herminio Alcañiz; *et al* (2017). Influence of Geographic Location in Concrete Structures. International Journal of Applied Science And Technology, Murcia, v. 4, n. 3, p.1-41, May 2014. http://www.ijastnet.com/index.php/ijast-index>. Acceso en: 09/05/2017.

Silva, Gustavo Rodrigues. (2003). Características de vento da região nordeste. Análise, modelagem, e aplicações para projetos de centrais eólicas. Recife, UFPe,2003.http://www.liber.ufpe.br/teses/arquivo/20040304182131.pdf. Acceso en 11/03/2017

Sosa-Baz, Miguel Ramón *et al* (2015). Revista CENIC Ciencias Quimicas. 2015 Special Issue, Vol. 46, p81-89. 9p. Base de datos: Fuente Académica. Acceso en 11/03/2017.

Visão. Mundial 2014: Fortaleza, a cidade brasileira mais próxima da Europa (29.05.2014). http://visao.sapo.pt/lusa/mundial2014-fortaleza-a-cidade-brasileira-mais-proxima-da-europa=f782745. Acceso en 11/02/2017

Wikipedia (2017): Fortaleza, Ceará, Brasil. https://pt.wikipedia.org/wiki/Fortaleza#cite_note-PrecipINMET-39. Acceso en 11/02/17.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

AVALIAÇÃO DE PATOLOGIAS EM REVESTIMENTOS CERÂMICOS - ENSAIO DE RESISTÊNCIA

Evaluation Of Pathologies In Ceramic Coatings - Resistance Test

Jorge ANTONIO DA CUNHA OLIVEIRA, **João** DA COSTA PANTOJA, **Wender** CAMICO COSTA.
Universidade de Brasília, DF, Brasil, tecnoplandf@gmail.com.
Universidade de Brasília, DF, Brasil, joaocpantoja@gmail.com.
Universidade de Brasília, DF, Brasil, wendercosta16@gmail.com.

Resumo: Trata-se do estudo de avaliação de manifestações patológicas surgidas em revestimentos cerâmicos de pisos em apartamentos de um edifício residencial em uma das regiões administrativas do Distrito Federal que mais emerge como opção para muitas construções verticais nesta Unidade Federativa. Realizou-se inspeções visuais em todas as unidades para inicialmente identificar patologias visíveis ou que apresentavam potenciais para novas patologias. Avaliou-se as informações disponíveis pelos construtores, analisou-se os projetos e as características construtivas específicas da edificação. Também se executou ensaios técnicos e tecnológicos para um diagnóstico dos fatores de origens das manifestações patológicas observadas na edificação. Como atividade complementar às análises, elaborou-se croquis de mapeamento dos apartamentos vistoriados que apresentavam problemas, o que proporcionou a melhor escolha das áreas para a execução dos ensaios. Executou-se ensaios de percussão nas unidades mais agravadas, distribuídas em diversos pavimentos, totalizando 25,60% das unidades totais da edificação e 40,50% das unidades disponíveis para análises, 43 apartamentos que não se encontravam habitados e realizou-se ensaios de resistência de aderência à tração no revestimento do piso cerâmico em 12 apartamentos distintos. Com essas amostras buscou-se determinar as áreas de ensaio de forma mais representativa possível. Os resultados permitiram diagnósticar mais precisamente as possíveis causas e fatores das manifestações patológicas detectadas e realizar uma análise geral do desempenho do sistema de revestimento cerâmico dos pisos.

Palavras-chave: ensaios de percursão e resistências; patologias em revestimentos.

Abstract: It is the study of the evaluation of pathological manifestations arising in ceramic floor coverings in apartments of a residential building in one of the administrative regions of the Federal District that emerges as an option for many vertical constructions in this Federative Unit. Visual inspections were carried out in all the units to initially identify visible pathologies or that presented potential for new pathologies. The information available was evaluated by the constructors, the projects and the specific constructive characteristics of the building were analyzed. Technical and technological tests were also carried out for a diagnosis of the factors of origin of the pathological manifestations observed in the building. As a complementary activity to the analyzes, sketches of the mapped apartments were elaborated that presented problems, which provided the best choice of areas for the execution of the tests. Percussion tests were performed in the most aggravated units, distributed in several floors, totaling 25,60% of the total units of the building and 40,50% of

ISBN: 978-85-65425-32-2

the units available for analysis, 43 of apartments that were not inhabited and tests of resistance of adhesion To traction in ceramic flooring in 12 different apartments. With these samples we tried to determine the test areas in the most representative way possible. The results allowed to diagnose more precisely the possible causes and factors of the detected pathological manifestations and to perform a general analysis of the performance of the ceramic flooring system.

Keywords: puncture tests and resistances; Pathologies in coatings.

1. Introdução

Com o advento do novo Plano Diretor de Ordenamento Territotial do Distrito Federeal (DF), aprovado e publicado através da lei complementear 803, de 25 de abril de 2009, as edificações verticais passaram a ser uma alternativa bem procuradas para as incorporadoras e construra. Regiões Administrativas do DF pasaram a permitir construções de edificios elevados. Desde então há um crescimento no volume construtivo deste tipo de edificação. Essas construções requerem muito assentamento de revestimentos tanto em fachadas como em pisos, além de paredes internas de áreas molhadas. Caso não haja cuidados por parte dos construtores deste tipo de edificação, um problema sistêmico construtivo pode se potencializar e tornar-se significativo em volume, causando prejuizos em prazo, qualidade e custo. Este trabalho estuda as patologias em revestimentos surgidas no edifício residencial, multifamiliar, denominado de Condomínio Residencial Fun Home e Lazer.

1.1 Localização da edificação

A edificação em estudo é um prédio residencial, localizado no endereço QN 614 Conjunto D, Lotes 1-2 - Samambaia, Brasília – DF e nas seguintes coordenadas geográficas: 15º51’02” S (latitude) e 48º04’28” O (longitudinal). A Figura 1 apresenta uma imagem da localização da edificação retirada do Google Earth. Nota-se que há outras edificações verticalizadas na região do edifício objeto do estudo, mostrando tendência deste tipo construtivo.

Figura 1 – Imagem com a localização do Fun Home e Lazer.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1.2 Descrição da edificação

Trata-se de um edifício residencial multifamiliar, que foi construído pela Sociedade Incorporadora Residencial Miami Center SA, inscrita no CNPJ10.415.238/0001-31. É constituído de 17, sendo 14 pavimentos tipos e 3 pavimentos com garagem e uma laje de cobertura impermeável. A área comum é composta de churrasqueira, piscinas para adultos e crianças e halls de entrada.

Na Figura 02 é apresentada a entrada principal da Edificação. É uma construção que se apresenta com plena regularidade de documentação construtiva, culminana na Carta de Habite-se, emitida em 30/12/2014, tem modelo estrutural de pórticos em concreto armado, cobertura impermeável, fechamentos em alvenaria de vedação por blocos cerâmicos e revestimentos de fachadas por emboço em argamassa mista, produzida em obra, com acabamento em pintura cor Palha Suave (textura) e trechos com revesitmentos cerâmicos nos pórticos decorativos frontais.

Figura 2 – Imagem da fachada principal.

1.3 Inspeções

As atividades de inspeção preliminar foram realizadas por meio de análise visual e tátil nos apartamentos que ainda não se encontravam habitados. No caso de problemas em revestimentos é necessário avaliar a incidência sola, por isso que na Figura 3 se indica a posição zenital do edifício em relação aos raios solares mais incisivos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 03 – Localização das fachadas Norte, Sul, Leste e Oeste do prédio.

1.3.1 Passos para inspeção

O primeiro passo consistiu na análise visual para caracterização e registros fotográficos e em croqui dos sinais visuais existentes, tais como: descolamento do revestimento cerâmico, fissuras no revestimento cerâmico, fissuras no rejunte e estufamento do revestimento.

O segundo passo foi realização de ensaio de percussão em todas as cerâmicas do piso dos apartamentos selecionados, que foram os apontados pelos construtores como problemáticos e os que se julgou influenciados, ou seja, que apresentavam potenciais de surgimento de problemas, a fim de identificar as peças que apresentavam som cavo, semelhante ao som gerado por elemento oco. Esta etapa se fez necessária para auxiliar à elaboração de um projeto *as built* dos apartamentos de cada pavimento, com a intenção de representar uma amostragem das peças desplacadas. Referente a esta etapa, foi realizado um levantamento do histórico dos problemas, onde se buscou algum indício das causas das manifestações patológicas. O terceiro passo foi execução de ensaios de resistência de aderência à tração do piso cerâmico aderido ao contra piso, atendendo os procedimentos e as especificações prescritas na norma NBR 13528/2010: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas determinação da resistência de aderência à tração e NBR 13755/1997: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassas colante. Para conecução deste estudo foi elaborado a metodologia representada pelo esquema indicado no Organograma a seguir, Figura 4.

ISBN: 978-85-65425-32-2

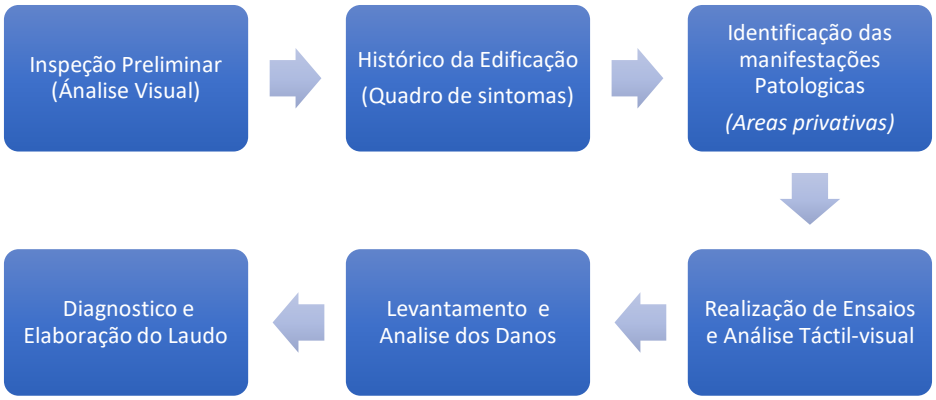


Figura 4 – Organograma do esquema da metodológico utilizado para a inspeção.

1.4 Levantamento Histórico

Nessa etapa foi realizado o levantamento de documentação técnica, como projetos e desenho das plantas do edifício e informações de caráter geral junto aos contrutores para auxiliar no entendimento do processo construtivo e do surgimento e evolução dos vícios existentes. De acordo com informações fornecidas, até o momento de início das análises técnicas, o residencial, objeto deste estudo, possuía 51 apartamentos ocupados por moradores e 107 desocupados. As manifestações patológicas dos apartamentos do condomínio começaram a surgir no começo do mês de novembro de 2015, quando começou a ser observado o surgimento de desplacamento, e fissuras na junta de rejunte, estufamento das placas cerâmicas no piso e paredes das áreas revestidas. Os representaes da construtora disponibilizaram relação de apartamentos que apresentavam manifestações patológicas aparentes e de fácil identificação visual. Durante as atividades de inspeção, observou-se que alguns apartamentos não apresentaram manifestações patologias visualmente aparentes, como observadas em outros de mesmo modelo.

1.5 Descrição das manifestações patológicas observadas

As principais manifestações patológicas encontradas nos apartamentos foram os desplacamentos e estufamentos de revestimentos de piso e parede. As manifestações patológicas foram identificadas, principalmente, através de análises visuais e táteis executadas.

1.5.1 Desplacamento e estufamento das placas cerâmicas.

A ocorrência dessas manifestações patológicas se relaciona com a qualidade e a durabilidade do assentamento, que por sua vez dependem da qualidade do material utilizado, da qualidade da mão de obra, da qualidade do contra piso, da correta definição

ISBN: 978-85-65425-32-2

das juntas e das condições de trabalho das peças. Foi observado em 43 apartamentos que as placas cerâmicas do piso e da parede dos banheiro, cozinha e lavanderia apresentavam a formação de pequenas elevações na horizontal e na vertical. Em algumas áreas, devido ao alto nível do desplacamento do revestimento cerâmico, pode-se constatar que havia ausência de aderência entre revestimento cerâmico e argamassa colante. A Figura 5 e 6 apresentam o torço da peça cerâmica com baixa e ou quase nenhuma ligação ou aderência com a argamassa colante.

1.5.1.1 Desplacamento e estufamento das placas cerâmicas em piso.

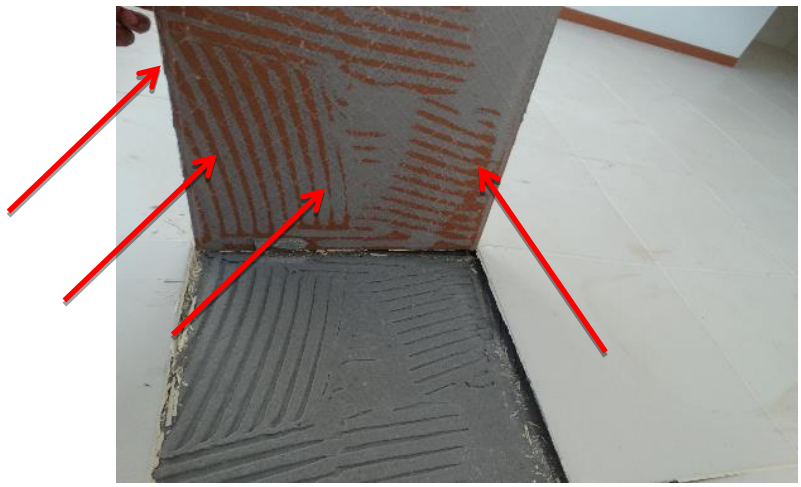


Figura 5 – Cerâmica retirada sem argamassa colante do piso.

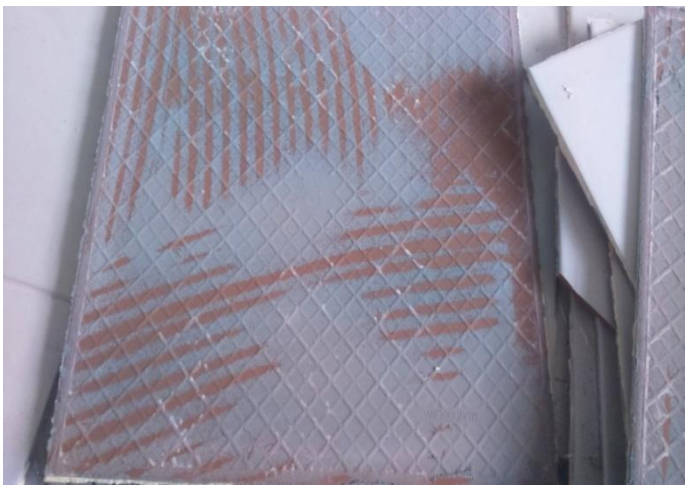


Figura 6 – Cerâmica retirada sem argamassa colante do piso

Conforme pode ser observado nas Figuras 7 a 18 são apresentadas exemplos de manifestação patológica encontrada mais recorrente: Desplacamento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

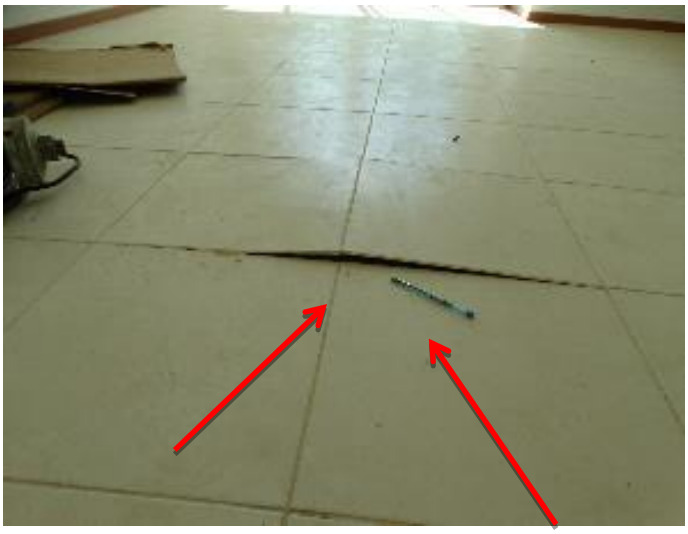


Figura 7 - Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 108, parte 1.

Figura 8 - Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 108, parte 2.

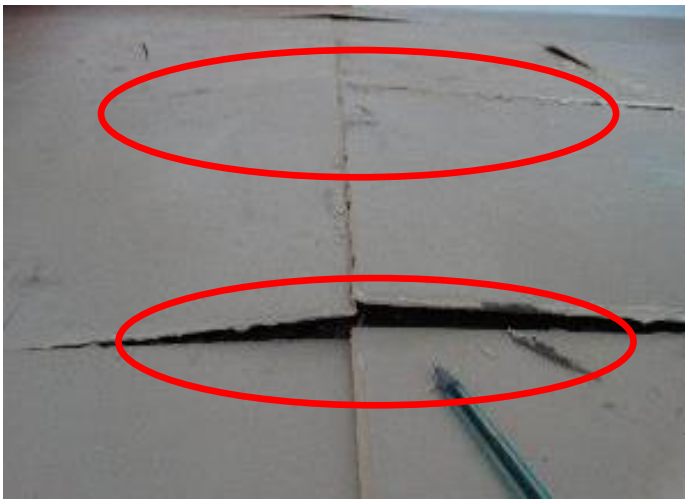


Figura 9 - Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 701, parte 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 10 - Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 701, parte 2.

Figura 11 - Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 703, parte 1.

Figura 12 - Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 703, parte 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 13 - Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 707, parte 1.

Figura 14 - Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 707, parte 2.

Figura 15 – Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 902, parte 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 16 – Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 902, parte 2.

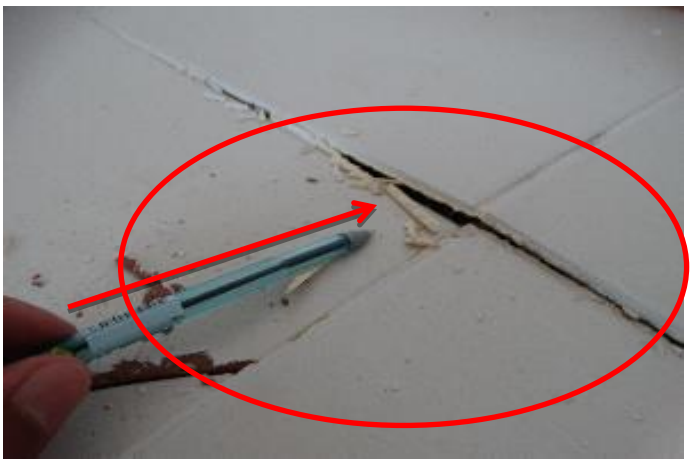


Figura 17 – Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 903, parte 1.

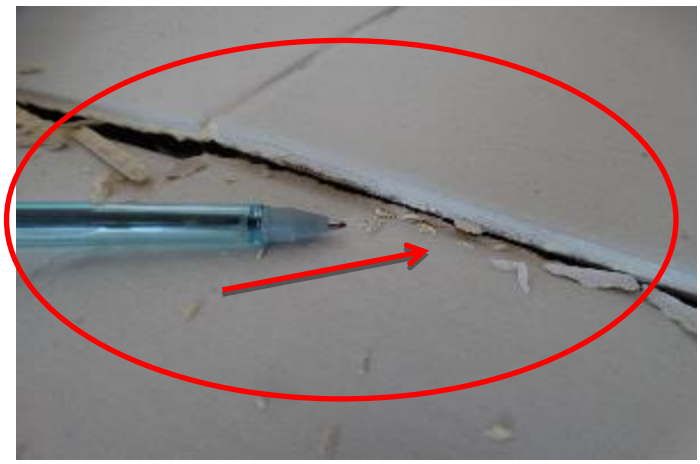


Figura 18 – Desplacamento do piso cerâmico da sala do apartamento 903, parte 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1.5.1.2 Desplacamento e estufamento das placas cerâmicas em parede.

Ressalta-se que o desplacamento é a manifestação patológica mais comum doa revestimentos, e é normalmente a mais grave quando se trata de revestimento de paredes, pois esta patologia acarreta a perda das funções do revestimento e proporciona riscos de agravo à saúde aos usuários. Durante a inspeção foram encontradas várias manifestações patológicas em algumas paredes da área da cozinha e dos banheiros, com as seguintes características: fissuração do rejunte, desplacamento, estufamento da peças e som cavo, seelhante a oco. Conforme apresentado nas figuras 19 à 16, pode ser observada as manifestações patológicas encontradas:

Figura 19 – Desplacamento das cerâmicas na cozinha do apartamento 201, parte 1.

Figura 20 – Desplacamento das cerâmicas na cozinha do apartamento 201, parte 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

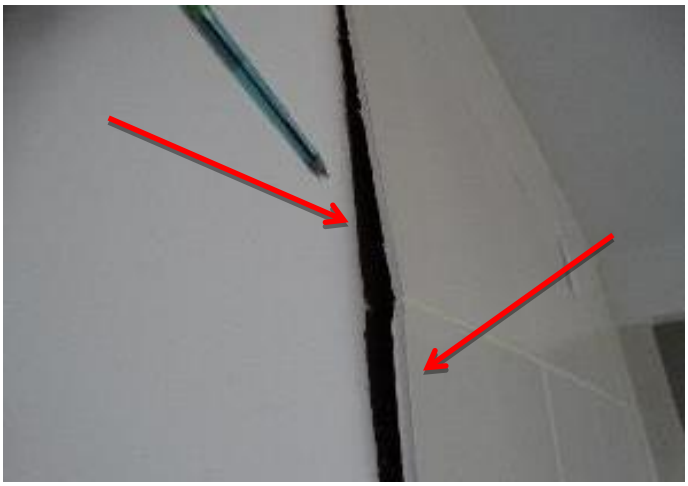


Figura 21 – Desplacamento das placas cerâmicas na cozinha do apartamento 701, parte 1.

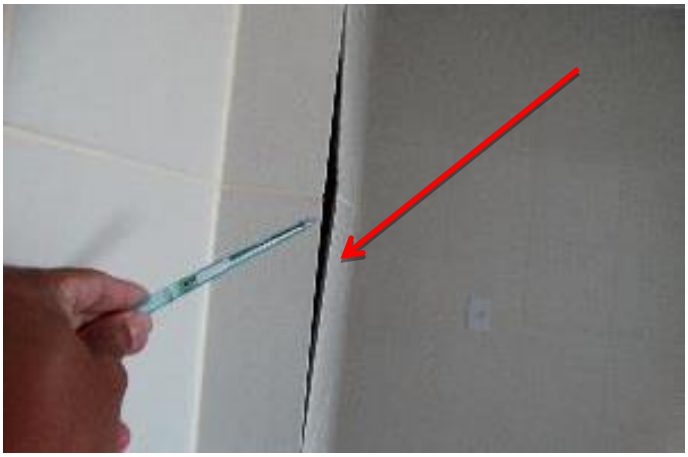


Figura 22 – Desplacamento das placas cerâmicas na cozinha do apartamento 701, parte 2.

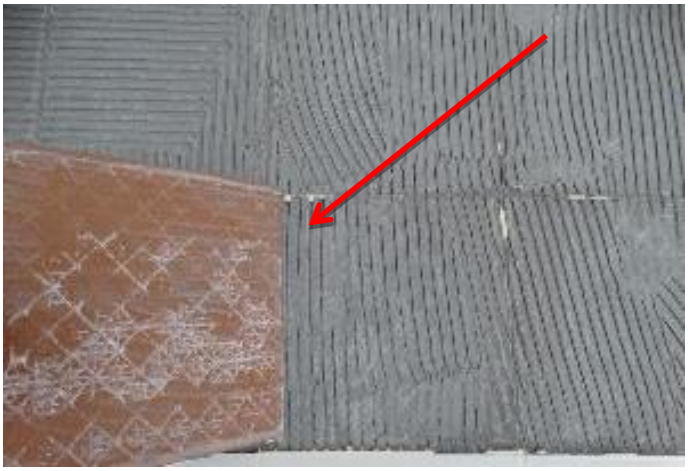


Figura 23 – Desplacamento das placas cerâmicas na cozinha do apartamento 706, parte 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 24 – Desplacamento das placas cerâmicas na cozinha do apartamento 706, parte 2.

Figura 25 – Desplacamento e fissuração das juntas das placas cerâmico do banheiro do apartamento 902.

Figura 26 – Desplacamento das placas cerâmicos do banheiro do apartamento 707.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1.6 ENSAIOS

A principal finalidade dos ensaios técnico-tecnológicos executados nas atividades de inspeção foi avaliar e atestar o real grau de desempenho do piso de revestimento cerâmico dos apartamentos, observando as condições e qualidade do revestimento e seus assenamentos. O ensaio de percussão foi realizado com o objetivo de identificar as regiões que ao serem percutidas apresentam som cavo, com o propósito de auxiliar na elaboração de um croqui que representará o mapeamento dos pisos cerâmicos com suas respectivas manifestações patológicas e proceder ao ensaio de resistência de aderência.

Os ensaios de resistência de aderência a tração foi executado com o objetivo de avaliar as propriedades mecânicas do sistema de revestimento do piso, através do valor de resistência de aderência à tração do revestimento argamassado com as placas cerâmicas.

1.6 FATORES DE CAUSAS DE PATOLOGIAS CONSTRUTIVAS

“O termo Patologia tem origem grega (pathos - doença, e logia - ciênci a, estudo) que pode ser entendido como send o o estudo da doença (FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2016). Patologias que se estu a neste trabalho são as relacionadas aos revestimentos cerâmicos. Recebendo o nome de manifestação patológica. Para o diagnóstico dos fatores de causas e ori gens das manifestações patológicas rela cionou-se: falta de manutenção e vício construtivo. Para Costa (2009) patologia é o estudo da manifestação dos defeitos em peças, e quipamentos ou acabamentos constituintes do edifício, ou a ciência da engenharia que estuda as causas, origens e natureza dos defeitos e falhas que surgem na edificação. Toda edificação necessita de manutenção p ara garantir o seu desempenho e vida útil. P ode-se definir manutenção como um conjunto de atividades e recursos direcionados para recuperar e garantir o desempen o dos elementos construtivos, de tal mod o que a manutenção não tem como finalidade principal a execução de reformas e/ou alterações de sistemas. Os elem entos construtivos necessitam de manuais d e utilização por parte de seus usuários e de uma manutenção com o tempo, pois é natur al o desgaste dos materiais constituintes, ma s em alguns casos, no ato da entrega de um empreendimento podem existir falhas constru tivas, denominadas como vícios construtivos. Os vícios construtivos são anomalias que afe tam o desempenho de produtos ou serviços, ou os tornam inadequados aos fins a que se destinam, causando transtornos ou prejuízos m ateriais ao consumidor. Podem decorrer de falha de projeto, ou da execução, ou ainda d a informação defeituosa sobre sua utilizaç ão ou manutenção. Vícios construtivos são, portanto, todas as falhas construtivas que causam prejuízo material ao consumidor, e que implicam em gastos financeiros para re pará-los.

1.7 ENSAIOS

A principal finalidade dos ensaios técnico-tecnológicos executados nas atividades de inspeção foi avaliar e at estar o desempenho do piso de revestimento cerâmico dos apartamentos, observando as condições e qualidade do revestimento e de seus assentamentos. O ensaio de percussão foi realizado com o objeti o de identificar as regiões de revestimentos assentados que emitiam sons cavos após s erem percutidos. As regiões

ISBN: 978-85-65425-32-2

idetificadas como ocas permiram a elaboração de um croqui com o mapeamento dos pisos cerâmicos c om potenciais manifestações patológicas. Nessas regiões procedeu-se ensaios de re sistência de aderência. Os ensaios de resistência de aderência a tração foram executados com o objetivo de avaliarem as propriedades mecânicas do sistema de revestimento do piso, através do valor de resistência de ad erência à tração do revestimento argamassad o com as placas cerâmicas. Para determinação de aderência à tração adotou-se os parâmetros estabelecidos na NBR 14081-4, d e 2012, que versa, entre outros assuntos de ensaios de aderência à tração.

1.7.1 Ensaios de Percussão

A técnica do ensaio de percussão permite averificação das condições de aderência do revestimento. O método consiste em aplicar impactos leves com objetos adequados e verificar se a área ensaia da apresenta sons cavos, o que indica falta ou inadequada aderência entre o revestim ento de argamassa e a placa cerâmica. Quando há detecção de falhas no revestimento por meio de som cavo, o local foi identificado com o auxílio de giz de cera ou outro marcador visível. Após essas marcações, o loc l foi avaliado pelos técnicos responsáveis pel o ensaio, que definiram quanto à necessid ade de remoção do trecho assentado. O objetivo secundário do ensaio de percuss ão foi auxiliar na elaboração do croqui de mapeamento, identificando as áreas que apresentaram som cavo/oco, facilitando a esc olha posterior das áreas do ensaio de resis tência à aderência. As Figuras de 27 a 38 apre sentam pelo menos um apartamento mape ado por pavimento.

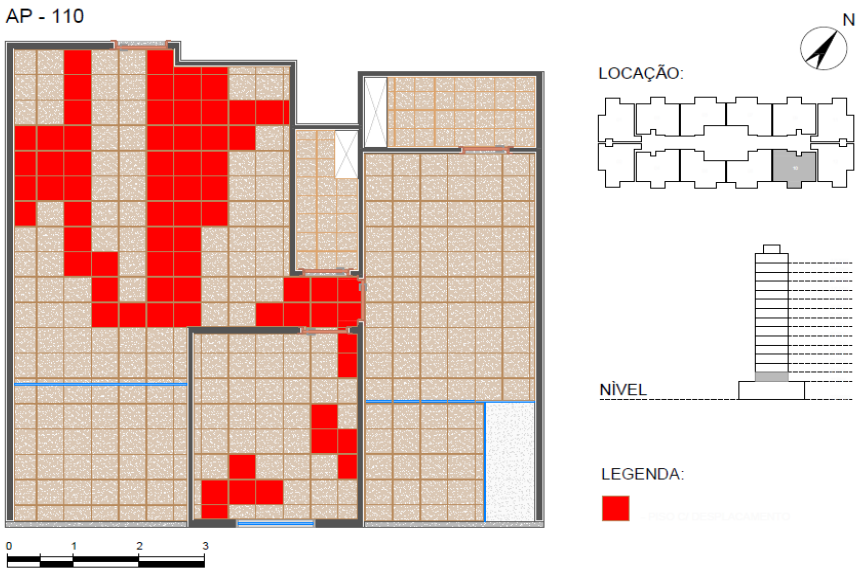


Figura 27 – Esboço do mapeamento de uma unidade do primeiro pavimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

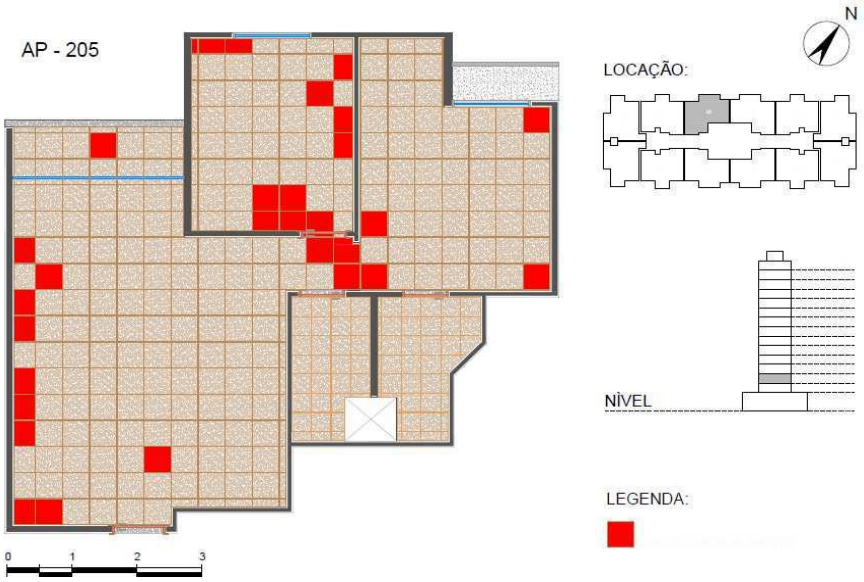


Figura 28 – Esboço do mapeamento de uma unidade do segundo pavimento.

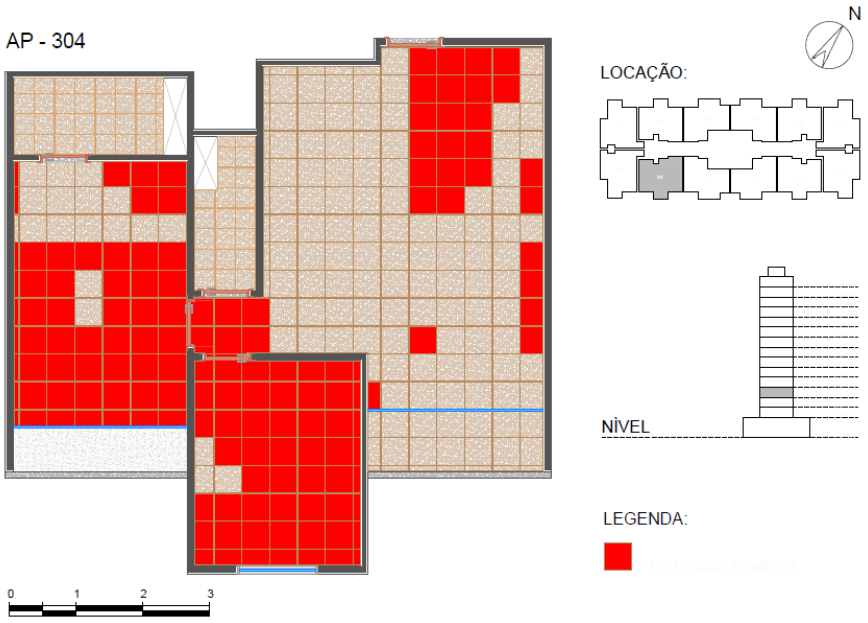


Figura 29 – Esboço do mapeamento de uma unidade do terceiro pavimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

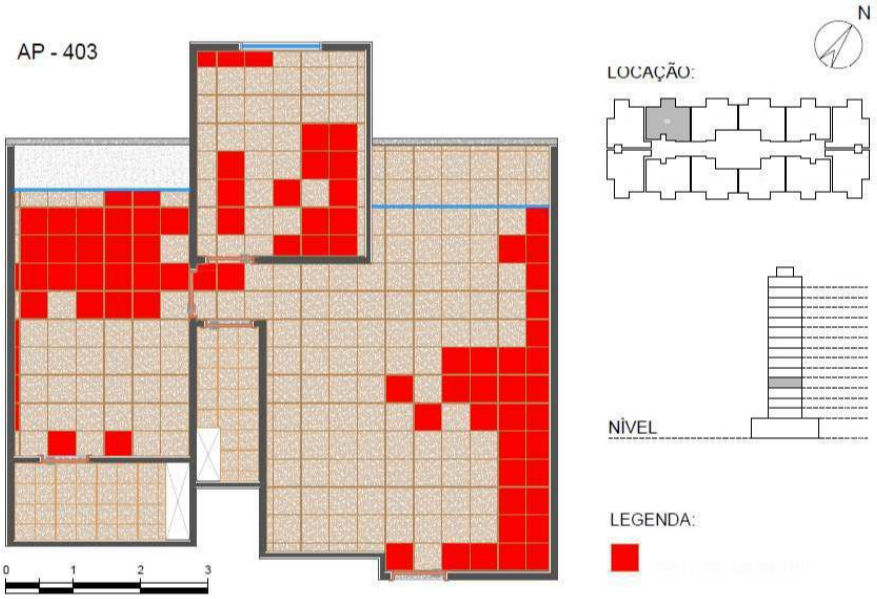


Figura 30 – Esboço do mapeamento de uma unidade do quarto pavimento.

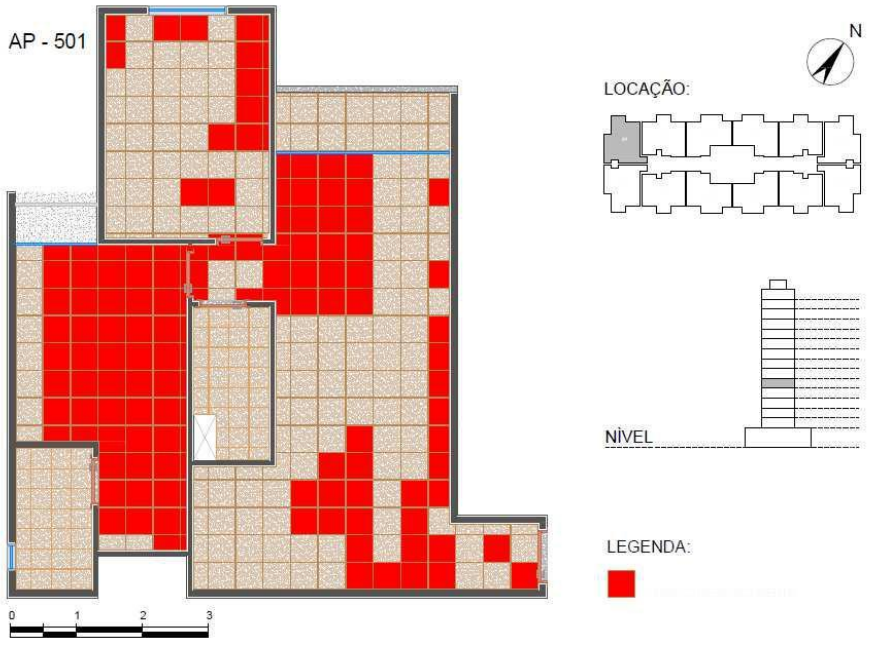


Figura 31 – Esboço do mapeamento de uma unidade do quinto pavimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

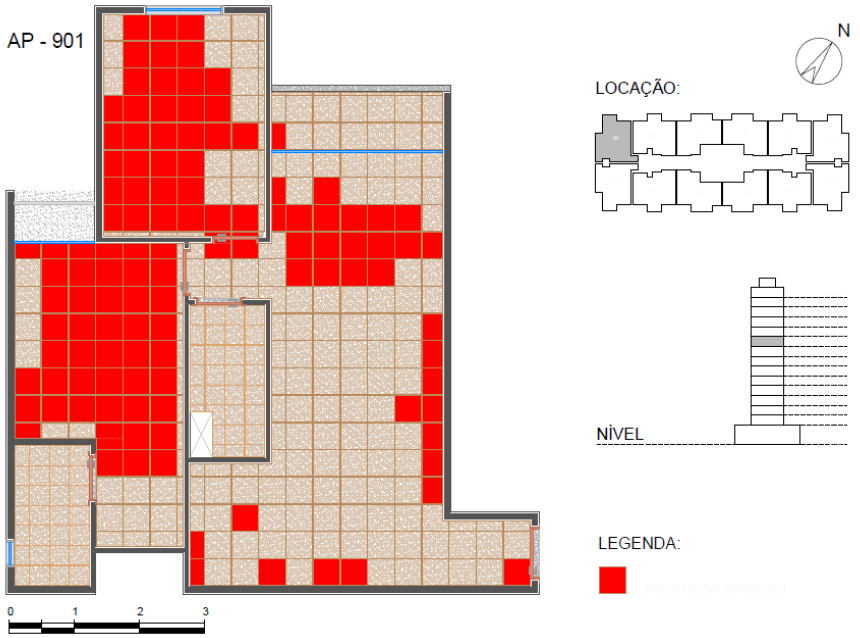


Figura 35 – Esboço do mapeamento de uma unidade do nono pavimento.

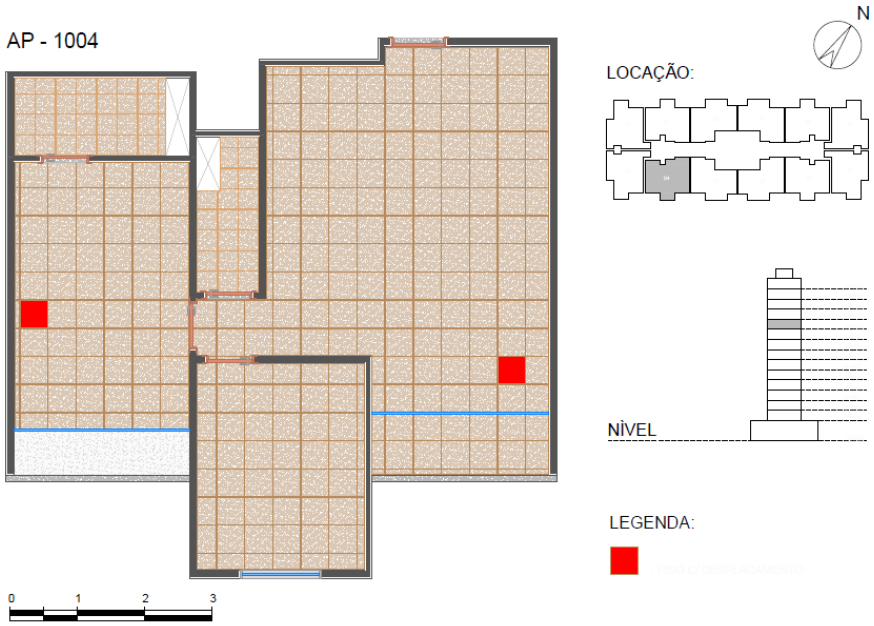


Figura 36 – Esboço do mapeamento de uma unidade do décimo pavimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

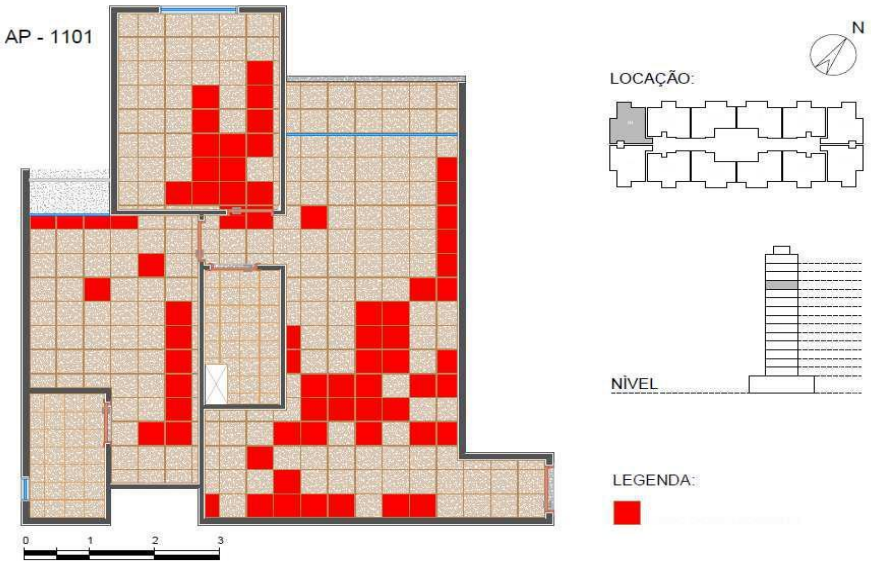


Figura 37 – Esboço do mapeamento de uma unidade do décimo prime iro pavimento.

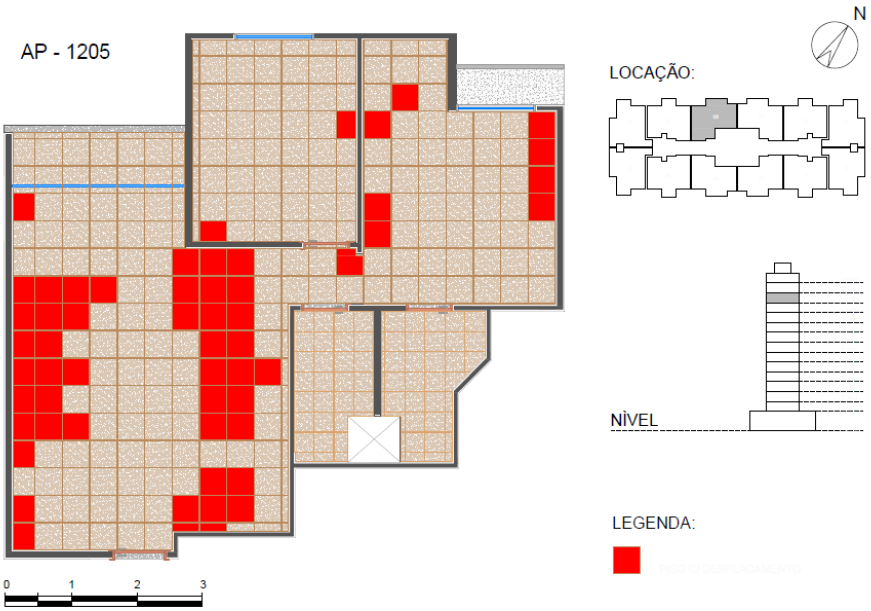


Figura 38 – Esboço do mapeamento de uma unidade do décimo segundo pavimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A eventual necessidade de remoção de trecho comumente implica na retirada de áreas plenas, ou seja, retira-se o revestimento assentado no ambiente ou cômodo, impactando nos valores finais de custos de recuperação das áreas danificadas. As Figuras 39 e 40 representam os procedimentos de teste e marcação adotados para o t este de percussão.

Figura 39 – Ensaio de percussão para identificação de pecas cavo (oca).

Figura 40 - Identificação das áreas que apresentaram som cavo (oco).

ISBN: 978-85-65425-32-2

1.7.2 Ensaio de resistência de aderência à tração.

Este ensaio foi executado seguindo os procedimentos e especifica ções prescritos das normas brasileiras para revestimento de paredes e tetos de argama ssas inorgânicas e norma para determinação da resistência de aderência à tração. O ensaio de resistência de aderência à tração é importante para verificar a interação entre as camadas constituintes do revestimento, determinando o valor da tensão de aderência máxima a que o revestimento suporta, assim como qual a interface do revestimento que apresenta melhor resistência às tensões atuantes no revestimento.

Com a finalidade de avaliar as propriedades mecânicas do sistema d e revestimento dos apartamentos, procedeu-se ao ensaio para determinação da resistência de aderência, associando-se os valores obtidos aos aspectos prescritos na norma.

Foram realizados ensaios de resistência de aderência à tração em 12 apartamentos distintos, sendo assim 1 ensaio por andar distintos do prédio, totalizando 12 andares e levando em consideração sua localização referente ao so l, em nascente ou poente. Inicialmente, realizou-se a marcação do local com o auxilio de um marcador com fácil visibilidade, em seg ida acoplou–se um disco diamantado para corte a uma serra mármore, para que se pudesse efetuar os cortes das áreas marcadas. For am realizadas um total de 6 marcações com diâmetro iguala 100mmx100mm distribuíd as de forma aleatória pelo o local determinado para o ensaio.

Nas Figuras 41 e 42 pode ser observado um dos pontos onde foi efetuado a marcação e em seguida a execução do corte.

Figura 41 – Marcação da área para o ensaio.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 42 – Corte da área marcada para o ensaio.

Os pontos ensaiados foram determinados com base no croqui de mapeamento das áreas que apresentaram sons cavos no ensaio de percussão. Dessa forma, optou-se por executar os ensaios, prioritariamente, nas áreas que não apresentaram som cavo durante o ensaio de percussão, visto que essa já indicavam falhas e falta de aderência entre o revestimento e as placas cerâmicas. Esse critério contribui para uma escolha mais adequada do local de ensaio, buscando representar um melhor resultado da amostra.

Em seguida foi realizada a limpeza da superfície da peça onde foi efetuado o corte, para favorecer a adequada aderência entre a pastilha de metal e a placa, em seguida a pastilha foi colocada a resina epóxi. A pastilha de metal serviu de acoplamento para o equipamento de tração. As figuras 43, 44 e 45 ilustram a limpeza e a colagem das pastilhas metálicas.

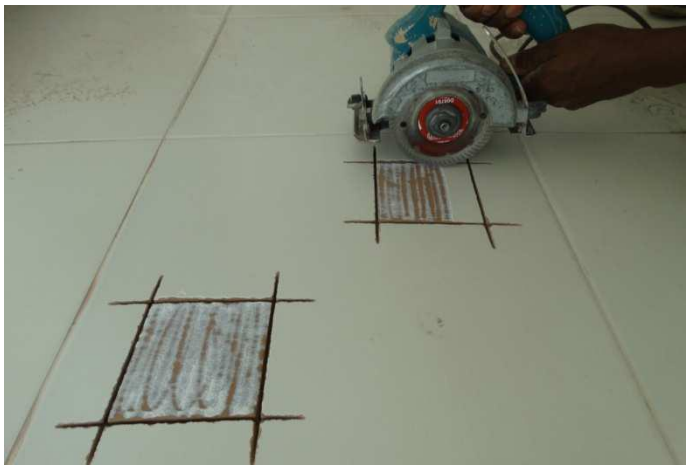


Figura 43 – Limpeza da superfície das placas cerâmicas 100mmx100mm.

ISBN: 978-85-65425-32-2

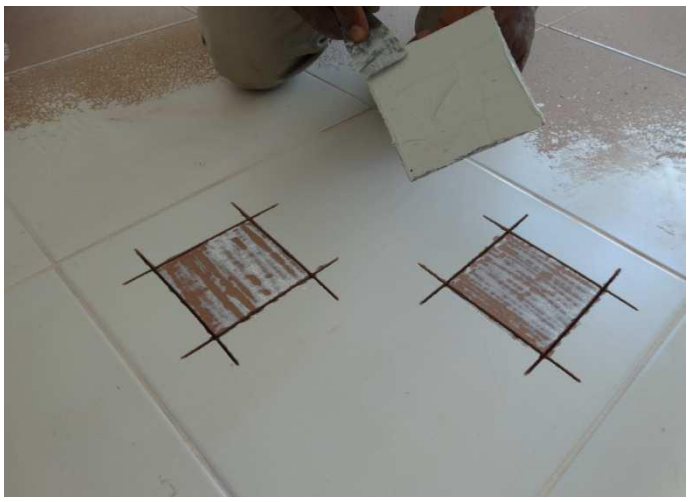


Figura 44 – Placa metálica com epóxi.

Figura 45 – Colagem da placa metálica.

O passo seguinte consistiu na introdução do aparelho de arrancamento (dinamômetro de tração), dotado de dispositivo para leitura da carga. A medição foi obtida em kgf (quilograma força). As pastilhas foram arrancadas e as amostra s analisadas para determinar a interface e m que ocorreu o rompimento. Em seguida foi calculada a resistência de aderência à tração de cada corpo de prova. Converteu- se de Kgf para MPa (Mega Pascal), conforme modelo normativo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 46 – Acoplagem do dinamômetro de tração.

1.8 Grau de risco

CARASEK (1996) utiliza a classificação de grau de risco, o que favorece eventuais ações de correção. As patologias encontradas foram classificadas de acordo com o grau de risco que as mesmas oferecem para a edificação, a seus usuários e ao meio ambiente.

Os graus de risco foram classificados em:

Crítico: Quando pode provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e/ou meio ambiente, perda excessiva de desempenho causando possíveis paralisações, aumento de custo, comprometimento sensível de vida útil e desvalorização acentuada.

Regular: Pode provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração precoce e pequena desvalorização.

Mínimo: Pode causar pequenos prejuízos à estética ou atividade programável e planejada, sem incidência ou sem a probabilidade de ocorrência dos riscos críticos e regulares, além de baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário.

2. RESULTADOS

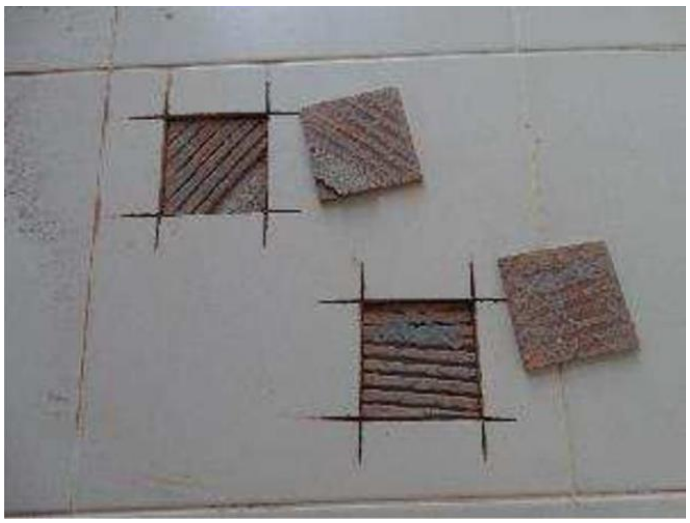
2.1 Leituras médias dos ensaios.

A avaliação da resistência de aderência dos resultados obtidos nos ensaios foi efetuada utilizando como referência as normas brasileiras da ABNT que versam sobre revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração, revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas - especificação, para o caso do revestimento em argamassa (reboco). Para os casos de revestimento cerâmico

ISBN: 978-85-65425-32-2

do piso utilizou-se como referência a seguinte norma que versa sobre revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – procedimentos.

A Figura 48 ilustra amostras de corpos de prova ensaiados, possibilitando a identificação do local da ruptura.



Figuras 48 – Outros pontos de ruptura.

Os Quadro 1 e Quadro 2, a seguir, apresentam o resumo das condições gerais dos ensaios e os valores de resistência de aderência média do revestimento cerâmico dos apartamentos onde foram realizados os ensaios, respectivamente.

Quadro 1 – Dados das condições gerais para o ensaio.

CONDIÇÕES GERAIS	
Temperatura no dia do ensaio: 30ºC.	**Umidade relativa no dia do ensaio:** 68%.
Data do ensaio: 14/01/2016.	**Diâmetro das pastilhas**: 10 cm.
Tipo de cola utilizada: Epóxi.	**Equipamento de corte**: Serra mármore.
Equipamento de tração: Alfa 3105 CS.	**Operador**: Jailson.
INFORMAÇÕES DO SISTEMA DE REVESTIMENTO	
Substrato	( )Bloco cerâmico (X)camada de contra piso ( ) Estrutura de concreto
Chapisco	(X) Não ( ) Sim
Argamassa	( ) Rodada em obra ( ) Usinada (X) Industrializada Ac - I
Tipo de aplicação	(X) Manual ( ) Mecânica
Idade do revestimento	Acima de 28 dias

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 2 – Resultados dos valores das resistências medidas.

RESULTADO DA RESISTÊNCIA MÉDIA DOS ENSAIOS	
APARTAMENTO	**Resistência média total (Mpa)**
108	**0,15**
211	**0,11**
505	**0,06**
601	**0,17**
711	**0,16**
801	**0,11**
905	**0,13**
1005	**0,17**
1106	**0,15**
1207	**0,14**
1307	**0,05**
1407	**0,18**

O valor de aderência mínimo prescrito normativamente para reve stimentos cerâmico externo é de 0,30 MPa, ressalta-se que esse valor é usado como referência para o recebimento da fachada após execução. Dessa forma, pode-se dizer que os valores obtidos nesse ensaio indicam em que condições se encontram o sistema de revestimento cerâmico da região amostrada. Pelo ensaio foi obtido o valor médiomáximo de 0,18 Mpa e o valor mínimo de 0,05 MPa, o que indica que o revestimento não se adéqua às exigências estabelecidas normativamente. A forma de ruptura do sistema de revestimento, no ensaio d e aderência do revestimento cerâmico, ocorreu em sua grande maioria na interface da argamassa colante, entre e em alguns pontos entre a argamassa colante e o contra piso.

2.2 Grau de risco dos principais problemas observados

A partir dos levantamento s realizados, considera- se que as manifestações patológicas detectadas foram classificadas em **Grau de Risco Regular**, pois pode provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração precoce, pequena desvalorização.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.3 Identificações dos fator es das patologias

As verificações efetuadas durante as atividades de inspeção e os resultados obtidos no ensaio executados indicam que as manifestações patológicas encontradas nos apartamentos do edifício, referentes ao sistema de revestimento cerâmico dos pisos, são ecorrentes de possíveis vícios construtivos. As placas cerâmicas qu e foram assentadas na região central e nas áre as com alto índice de insolação e sujeitas a outras intempéries, aderência apresentam valores baixos de resitência no ensaio de resitências à tração e apresentam com cavo em quase todos os pontos durante o teste de percussão. As placas cerâmicas situadas nos cantos dos apartamentos, que geralmente são as primeiras a serem assentadas, não apresentaram problemas durante os ensaios de percussão, assim como as peças afastadas dos lugares com insolação e intempéries.

Durante os ensaios de resistência de aderência à tração, identificou-se que o tardoz de algumas peças cerâmicas extraídas não encontrava com nenhuma aderência ou ligação com a argamassa colante. A ocorrência dessas manifestações patologias pode estar relacionada à qualidade e à durabilidade do assentamento, que por sua vez dependem da qualidade do material utilizado,da qualidade da mão de obra, da qualidade do contra piso, da correta definição das juntas e das condições de trabalho das peças. Segue abaixo uma relação dos possíveis fatores de origens das manifestações patológicas observadas:

- Descumprimento da espessura mínima da camada final de argamassa colante para o assentamento, que deve possuir entre 4mm e 5mm de espessura;
- Uso de técnicas e ferra mentas inadequadas para a aplicação da argamassa colante;
- Desqualificação da mão-de-obra no preparo da argamassa colante. Onde pode ocorrer dosagem incorreta da quantidade de água,e a utilização da argamassa colante depois de excedido o tempo em aberto;
- Abertura de uma área muito grande de argamassa colante sobre o contrapiso, que por condições climáticas ode provocar o ressecamento e o desenvolvimento de uma película protetora nos fios da argamassa em algumas regiões, ant es do assentamento das peças cerâmica . Esses processos impede a correta aderência entre a argamassa colante e a peça cerâmica.
- Dimensionamento incorreto das juntas de dilatação que tem como função em auxiliar na trabalhabilidade das peças cerâmicas.
- Base (emboço e contrapiso) enfraquecida, tanto na sua superfície quanto na sua aderência ao substrato, quando este se desprega junto com a cerâmica; as causas desse enfraquecimento podem ser vários, como: proporção de água cimento fora da dosagem técnica, execução incorreta pelos construtores.

3. CONCLUSÕES

Após revisões de literaturas e técnicas, levantamento de dados *in loco*, análises de resultados enteu-se que as manifestações patológicas observadas e o seu agravamento podem ser atribuídos a problemas executivos, ou seja, causados p or mão-de-obra ou processo executivos de assentamento do piso cerâmico sem os devidos cuidados

ISBN: 978-85-65425-32-2

técnicos e normativos. Houve a constatção de risco iminente de aumento do desplacamento do revesti mento, portanto, considera-se preponderant e a reparação, uma vez que o estágio atua das patologias torna mais fácil a inci dência de agentes degradantes. Por não ter alcançado resistência de aderência à tração igual ou superior ao especificado por normas técnicas brasileiras, o revestimento de piso cerâmico, deverá ser removido dos locais onde não se atingiu o valor de resistência descrito em norma e dever ter seus materiais substituídos para que possa atender a resistência igual ou superior ao exigido por norma. Em razão da notável mudança de crescimento deste tipo de empreendimento, ou seja, com elevada demanda em uma mesma construção de assentamento de revestimentos cerâmicos, as construções devem melhorar o processo construtivo e a qualidade da mão-de-obra que se utiliza para evitar recorrência destas patologias.

Agradecimentos

Agradeço a Deus, pela vida, à família pelo sustento e carinho, à Universidade de Brasília, por mais uma oportunidade de estudar e crescer pessoalmente, a os mestres e doutores Márcio Buzar, pela indicação para desenvolver este curso e João Pantoja, que além de aceitar a indicação presta-se gentilmente a me orientar e conseguintemente contribuir com minha melhoria profissional.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7 200; Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: procedimento. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEI RA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13753 : Revestimento de piso interno ou externo co m placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13528 : Revestimento de paredes de argamassas inorgânicas - Determinação da resistência de aderência à tração,

Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEI RA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: Revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas, Rio de Janeiro 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEI RA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento, Rio de Janeiro, 1997.

ISBN: 978-85-65425-32-2

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. NR 18: condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção. Brasília, DF, 2008d. Disponível em: http://www.mte.gov.br. Acesso em: 06 out. 2015.

CARASEK, H. Aderência de argamassas à base de cimento Portland a substratos porosos: avaliação dos fatores intervenientes e contribuição ao estudo do mecanismo da ligação, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo,

1996, 285p.

COSTA, Vitor Coutinho de Camargo. Patologia em edificações com ênfase em estruturas de concreto. 2009. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2009. Dispo nível em: <http://www.academia.edu/31785497/PRINCIPAIS_PATOLOGIAS_NA_CONSTRU%C3%87%C3%83O_CIVIL>. Acesso em: 10 maio. 2017.

FÓRUM DA CONSTRUÇ ÃO. Patologias na Construção Civil. 20 16. Disponível em: <http://www.forumdaco strucao.com.br/conteudo.php?a=17&Cod=1 974>. Acesso em 10 maio. 2017.

SARAIVA, A. G. Contribuição ao estudo de tensões de natureza térmica em sistemas de revestimento cerâmico de fachada, Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 1998, 164p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

UM ESTUDO SOBRE A DEGRADAÇÃO ESTRUTURAL DE PONTES E VIADUTOS RODOVIÁRIOS

A Study On The Structural Degradation Of Road Bridges And Viaducts

Clayton GOMES[1], **Eliana** Monteiro[2] **Afonso** VITÓRIO[3]

[1]Doutorando em Engenharia Civil - UFPE, Pernambuco, Brasil, claytonjgsilva@gmail.com
[2]Prof. Dr. da UPE, Pernambuco, Brasil, eliana@poli.br
[3]Prof. Dr. Convidado da UPE, Pernambuco, Brasil, afonsovitorio@gmail.com

Resumo As Obras de Artes Especiais (OAE), em especial as pontes e viadutos de concreto armado, são suscetíveis a degradações estruturais. Tais deteriorações são diretamente afetadas por manifestações patológicas e ausência de manutenções preventivas periódicas, condições agravadas pela inexistência de estratégias públicas voltadas para a conservação nas esferas Federal, Estaduais e Municipais. Neste contexto, esta pesquisa analisou as manifestações patológicas e as deficiências estruturais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco. Como principal elemento norteador das inspeções, utilizou-se o banco de dados do DNIT (SGO), além dos critérios da norma DNIT 010/2004 – PRO. Os resultados obtidos permitiram apresentar a situação atual das pontes analisadas, particularmente do ponto de vista da conservação (anomalias e danos estruturais), o que significa uma espécie de radiografia da amostra estudada. Isso proporcionará uma melhor qualidade das informações, visando subsidiar tomada de decisão, por parte dos órgãos públicos responsáveis, voltadas para o planejamento de manutenções, garantindo assim maior durabilidade e vida útil, tanto para as obras que foram objeto deste estudo, quanto para as demais pontes e viadutos do sistema viário brasileiro.

Palavras-chave: Manifestações Patológicas. Danos estruturais. Inspeção. Pontes. Viadutos.

Abstract: The special engineering structures (SES), especially reinforced concrete bridges and viaducts, are susceptible to structural degradation. These deteriorations are directly affected by pathological manifestations and absence of periodic preventive maintenance, conditions aggravated by the lack of public strategies aimed at conservation in Federal, State and Municipal spheres. In this context, this research analyzed the pathological manifestations and the structural deficiencies of bridges and viaducts of the federal highways of Pernambuco. The DNIT (SGO) database was used as the guiding element for the inspections, in addition to the criteria of DNIT 010/2004 - PRO. The obtained results allowed to present the current situation of the analyzed bridges, particularly from the point of view of conservation (anomalies and structural damages), which means a kind of radiography of the sample studied. This will provide a better quality of information, aiming to subsidize decision making, by the responsible public agencies, planning maintenance, thus ensuring greater durability and useful life, both for the special engineering structures that were the subject of this study and for the other bridges and viaducts of the Brazilian Road System.

Keywords: Pathological manifestations. Structural damage. Inspection. Bridges and viaducts.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Segundo relatos de Meyer (2011), as primeiras pontes se caracterizaram por serem primitivas, tendo sido identificados tombamentos de troncos de árvores para a transposição de riachos. Ainda segundo o autor, para facilitar a travessia desses obstáculos naturais utilizaram-se cipós, onde sua disposição serviu de base para a estruturação das pontes pênseis. Sucessivamente a essa época, foram utilizadas pontes em pedras em arco, bem como a construção de pontes de grandes vãos, que exigiram novas técnicas de construção que resultaram nas tipologias estruturais denominadas pênsil e estaiada. Atualmente, destacam-se como tipologias construtivas mais utilizadas as pontes em concreto armado e protendido.

Existem aproximadamente 600 pontes na malha federal de Pernambuco (conforme o cadastro do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT). A maioria dessas estruturas se encontra com alto nível de deterioração, oriundo não só de diversas manifestações patológicas, características desses tipos de obras, mas, também, do excesso de cargas transmitidas pelos veículos que trafegam nas rodovias, assim como por possíveis falhas de projeto, de execução e de fiscalização. Outro fator que muito contribui para a ampliação desses sintomas se refere à agressividade ambiental das regiões onde estão localizadas.

Diante do exposto, a pesquisa analisou a degradação estrutural de pontes e viadutos rodoviários de Pernambuco, sob o enfoque das condições de estabilidade e de conservação dessas Obras de Arte Especiais.

2. Conceitos e critérios pertinentes ao Estudo

2.1 Patologia, danos e manifestações patológicas

Da interação entre os componentes do concreto armado (areia, brita, água e cimento) podem surgir, no decorrer do período de vida útil, deficiências também denominadas de anomalias, danos ou manifestações patológicas, as quais podem afetar o comportamento da estrutura e gerar, inclusive, implicações estéticas não requeridas pelos usuários. É nesse contexto que se estuda o termo patologia, em virtude da similaridade entre a terminologia usada na medicina e na engenharia civil. Helene (1992) afirma que “Patologia pode ser entendida como a parte da Engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis”.

As manifestações patológicas mais presentes nas estruturas de concreto são: fissuras, eflorescências, desplacamento do concreto do cobrimento e corrosão de armaduras. Nas pontes e viadutos de concreto também acontece o surgimento desses sintomas os quais serão exemplificados mais adiante.

2.2 Origem dos problemas patológicos

Em linhas gerais, os problemas patológicos podem ser decorrentes de erros de projeto, execução, seleção de materiais e uso da estrutura. Há ainda autores que classificam as

ISBN: 978-85-65425-32-2

anomalias em relação ao seu surgimento como Monteiro (2014): congênita (oriundos da etapa de projeto), construtiva (decorrentes da etapa de construção), adquirida (agressividade do meio) e acidental (acontecimentos não típicos, tais como, cargas excessivas, inundações, erosões e movimentos sísmicos).

2.3 Tipos de manifestações patológicas

Há diversos tipos manifestações patológicas. São apresentadas a seguir as de maior incidência no conjunto estudado.

- Fissuração

A fissuração é bastante observada nas estruturas de concreto, tendo uma recorrente presença.

O normativo do DNIT (2010) menciona que:

> As trincas e fissuras podem ser de diferentes tipos e sua importância depende do tipo estrutural da obra, da sua localização, de sua origem, de sua abertura e de serem ativas, quando comprimento e abertura aumentam com o tempo e/ou a passagem das cargas móveis, ou inativas, quando estes fatores não causam modificações nas trincas e fissuras.

Ainda sobre o exposto, pode-se classificar as fissuras em 02 tipos: ativas ou em movimentação e passivas ou estáveis. Vitório (2013) afirma que “as fissuras passivas ao alcançarem a sua intensidade máxima se estabilizam, visto que há a supressão da causa que a promoveu. Já as ativas se originam por meio de ações de variável grandeza que causam alterações no concreto”.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 2 - Exigências de durabilidade relacionadas à fissuração e à proteção da armadura, em função das classes de agressividade ambiental

TIPO DE CONCRETO ESTRUTURAL	CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL (CAA) E TIPO DE PROTENSÃO	EXIGÊNCIAS RELATIVAS À FISSURAÇÃO	COMBINAÇÃO DE AÇÕES EM SERVIÇO A UTILIZAR
Concreto simples	CAA I a CAA IV	Não há	-------
Concreto armado	CAA I	ELS-W wk ≤ 0,4 mm	Combinação frequente
	CAA II e CAA III	ELS-W wk ≤ 0,3 mm	
	CAA IV	ELS-W wk ≤ 0,2 mm	
Concreto protendido nível 1 (protensão parcial)	Pré-tração com CAA I ou Pós-tração com CAA I e II	ELS-W wk ≤ 0,2 mm	Combinação frequente
Concreto protendido nível 2 (protensão limitada)	Pré-tração com CAA II ou Pós-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação frequente
		ELS-D [a]	Combinação quase permanente
Concreto protendido nível 3 (protensão completa)	Pré-tração com CAA III e IV	Verificar as duas condições abaixo	
		ELS-F	Combinação rara
		ELS-D [a]	Combinação frequente

[a] A critério do projetista, o ELS-D pode ser substituído pelo ELS-DP com ap = 50 mm.

NOTAS

1 As definições de ELS-W, ELS-F e ELS-D encontram-se em 3.2.

2 Para as classes de agressividade ambiental CAA-III e IV, exige-se que as cordoalhas não aderentes tenham proteção especial na região de suas ancoragens.

3 No projeto de lajes lisas e cogumelo protendidas, basta ser atendido o ELS-F para a combinação frequente das ações, em todas as classes de agressividade ambiental.

É importante ressaltar que a abertura de fissura deverá ser controlada, respeitando-se o preconizado na NBR 6118 (ABNT, 2014), conforme Quadro 1 acima.

Sobre a monitoração das fissuras, Filho e Helene (2011) recomendam a sua realização por meio da fixação na região de: selo de gesso, placa de vidro ou instalação de pinos. Pode-se ainda utilizar um fissurômetro, espécie de régua milimetrada, para obtenção da abertura.

Segundo Silva (2016) e DNIT (2010), as fissurações podem ser decorrentes de: assentamento plástico do concreto, retração plástica, retração térmica inicial, estado

ISBN: 978-85-65425-32-2

endurecido do concreto e corrosão de armaduras. As Figuras 1 e 2 apresentam fissuração no estado endurecido e devida à corrosão de armaduras, respectivamente.

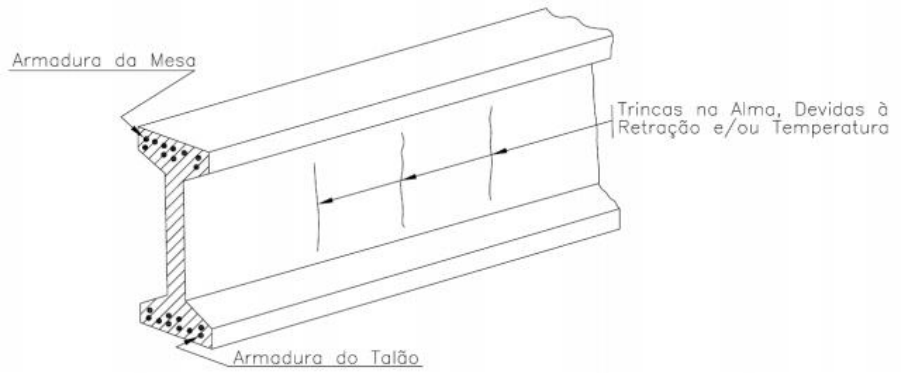


Figura 16 – Fissuras no estado endurecido

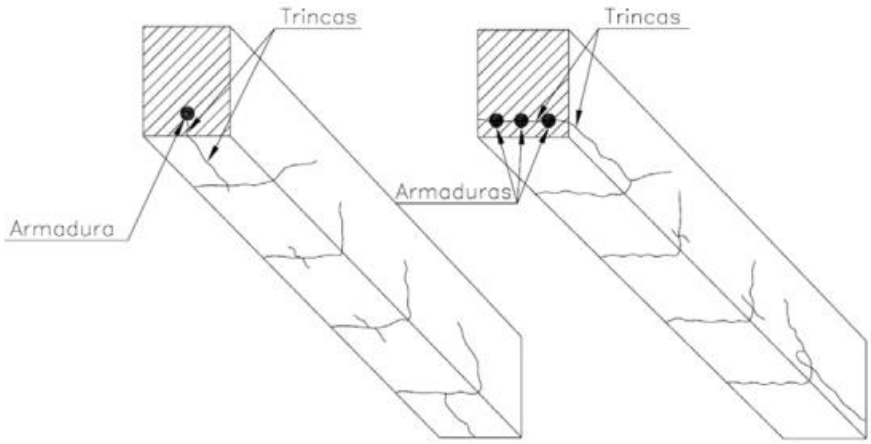


Figura 17 – Fissuras decorrente de corrosão de armaduras

- Eflorescências

De acordo com Bertolini (2010), as eflorescências são perceptíveis através da formação salina, compostas por uma cor branca na superfície da estrutura do concreto. Silva (2016) descreve o processo da formação da eflorescência: a) infiltração da água; b) hidrólise da cal livre hidratada; c) remoção do hidróxido de cálcio até a superfície do concreto. O processo de transporte (carreamento) de material é também conhecido por lixiviação. De maneira geral, pode-se dizer que o processo da eflorescência se caracteriza pelo acúmulo de solução saturada de hidróxido de cálcio do concreto, o qual produz manchas brancas causadas pelo ingresso de água sob pressão, através dos poros do concreto ou fissuras. A Figura 3 exibe a forte presença de eflorescência em longarina e transversina de uma ponte.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 18 – Eflorescências presentes em longarina e transversina de uma ponte

- Carbonatação

Silva (2016) define carbonatação como “a alteração dos compostos do cimento hidratado em carbonatos oriundo do ingresso de CO_2 no concreto através da porosidade e fissuras no concreto.” Segundo Cascudo e Carasek (2011), a carbonatação se destaca por transformar íons alcalinos, tais como, cátions de sódio, potássio e cálcio em sais de carbonatos, através da ação ácida do dióxido de carbono existente no ar.

O carbonato de cálcio ocasiona a diminuição do pH do concreto, provocando a despassivação da armadura e o princípio da corrosão, originando assim tensões internas e, consecutivamente, o aparecimento de fissuras. Do processo de corrosão de armadura, advém o desplacamento do cobrimento do concreto.

A Figura 4 exibe a ação da carbonatação, conforme Tasca (2012).

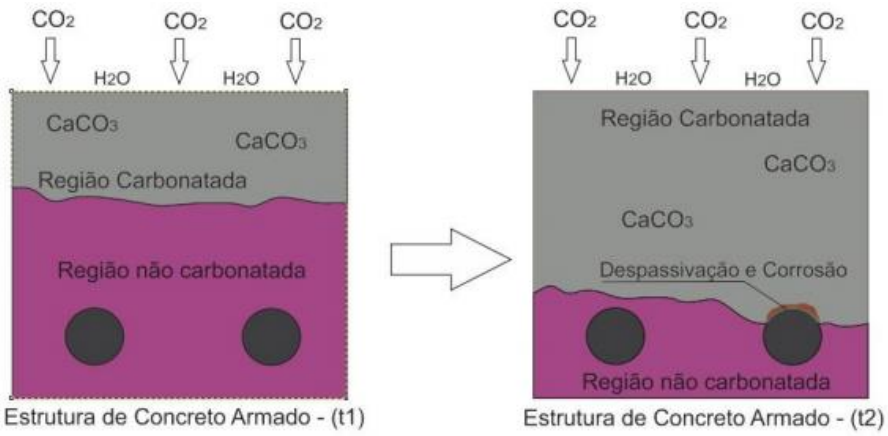


Figura 19 – Processo de carbonatação

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Íons cloretos

Assim como a carbonatação, o ingresso dos íons cloretos também deteriora as estruturas de concreto. Podem ser oriundos de névoas salinas, com possibilidade de infiltração nos diversos elementos estruturais, ocasionando assim a corrosão das armaduras. O acesso dos cloretos à estrutura ainda pode ser agravado, caso se encontre próxima a mares e a oceanos ou até mesmo tenha-se utilizado aceleradores de pega no momento da construção da Obra de Arte Especial. A Figura 5 expõe as fases de despassivação da armadura, através do ataque dos íons cloretos, conforme Andrade (2013).

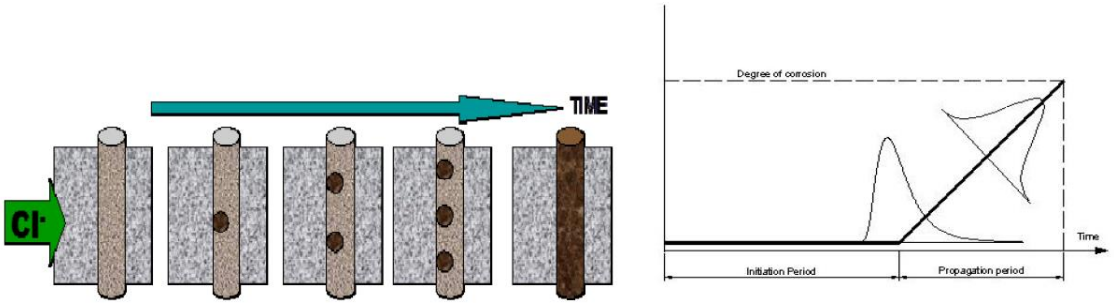


Figura 20 – Fases da despassivação da armadura

- Corrosão de armaduras

A mais incidente nas estruturas de concreto, assim como a fissuração. Pode ser decorrente de ação química ou eletroquímica. Segundo Bertolini (2010), existem 5 tipos de formas de corrosão conforme o Quadro 2 abaixo:

Quadro 3 – Tipos de corrosão

Tipo de Corrosão	Características
Uniforme (ou quase uniforme)	Toda a superfície do metal se corrói à mesma velocidade (ou com velocidade parecida).
Localizada	Certas áreas da superfície do metal se corroem à velocidade mais elevada do que outras por causa da "heterogeneidade" do metal, do ambiente, ou da geometria da estrutura como um todo. O ataque pode variar de pouco localizado até a formação de pites (cavidades).
Pites	Ataque fortemente localizado em áreas específicas, que leva à formação de pequenos pites (cavidades) que penetram no metal e podem levar à perfuração da parede metálica.
Dissolução seletiva	Um dos componentes de uma liga (em geral, o mais reativo) é consumido seletivamente.
Ação conjunta da corrosão e de um fator mecânico	Ataque localizado ou fratura devida à ação sinérgica de um fator mecânico e da corrosão. Pode manifestar-se, por exemplo, na forma de corrosão-erosão, corrosão sob tensão, corrosão-fadiga.

ISBN: 978-85-65425-32-2

No que diz respeito à corrosão de armaduras no concreto, Mascia e Sartoti (2011) discorrem por caracterizar o processo como uma deterioração onde as reações químicas são produzidas de forma química e não eletroquímica. Pode-se ainda ocorrer em três formas: lixiviação, a reação de íons e expansão. Para acontecer a corrosão de armaduras no concreto deverá existir eletrólito (água), Diferença de potencial (DDP) e oxigênio. Outro fator que poderá acelerar a corrosão está relacionado com presença de alguns agentes agressivos no interior do concreto, tais como, cloretos, CO_2, os íons sulfeto, H_2S, dentre outros. A Figura 6 exibe a elevada corrosão de armaduras na base do pilar de um viaduto.

Figura 21 – Elevada corrosão de armaduras na base do pilar de um viaduto

- Vazios de concretagem

Silva (2016) define como ninhos de concretagem ou comumente chamados de bicheiras. Em linhas gerais, são espaços vazios causados por ausência ou excessiva vibração no concreto no momento da construção, ocasionados pela segregação do agregado graúdo e miúdo existentes na mistura. A Figura 7 mostra um exemplo típico de ninho de concretagem, gerando corrosão de armaduras em uma ponte.

Figura 22 – Ninho de concretagem gerando corrosão de armaduras em longarina de ponte

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Vida útil, durabilidade e desempenho

Os critérios de vida útil, durabilidade e desempenho são bastante utilizados na engenharia civil por estarem estritamente ligados à patologia das estruturas. Dessa forma, as estruturas que forem concebidas tomando-se como base os critérios elencados acima, certamente possuirão vida útil longínqua, necessitando apenas de manutenções preventivas periódicas.

Silva (2016) menciona que “a vida útil pode ser conceituada pelo período em que as propriedades de um elemento permanecem acima dos limites mínimos especificados”. De maneira semelhante, a NBR 6118 (ABNT, 2014) conceitua vida útil de projeto como:

> O período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais.

Ainda sobre o aspecto de vida útil, pode-se citar Ribeiro *et al*. (2014) o qual a divide em: vida útil de projeto, vida útil de serviço ou de utilização, vida útil última ou total e vida útil residual.

Em relação à durabilidade, a NBR 6118 (ABNT, 2014) define como sendo “a capacidade da estrutura de resistir às influências previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos da elaboração do projeto”. Complementando o conceito Ribeiro *et al*. (2014) vai um pouco mais além. O autor descreve a durabilidade como uma problemática contemporânea e se refere sobretudo à deficiência e conhecimento de subsídios referentes aos materiais e aos componentes das estruturas de concreto.

No que tange ao conceito de desempenho, Medeiros, Andrade e Helene (2011) descrevem que “existem níveis de desempenho mínimo aceitáveis e a estrutura vai perdendo sua capacidade inicial ao longo do tempo de utilização”. A Figura 8 apresenta a variação, ao longo de tempo, do desempenho de estruturas em concreto armado.

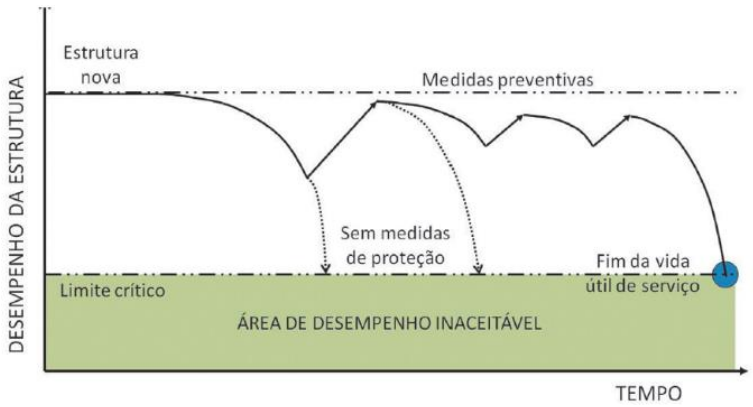


Figura 23 – Desempenho da estrutura ao longo do tempo

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Estudo de caso

3.1 Metodologia

O Estudo de Caso abordou a análise da degradação estrutural de uma amostra de 332 pontes e viadutos, localizados nas rodovias federais BR-101/PE, BR-104/PE, BR-110/PE, BR-116/PE, BR-232, BR-316/PE, BR-407/PE, BR-408/PE, BR-423/PE e BR-428/PE.

Foram utilizadas as informações contidas no banco de dados do Sistema de Gerenciamento de Obras de Arte Especiais (SGO) do DNIT, bem como inspeções realizadas em algumas das estruturas do conjunto analisado. Ainda sobre o exposto, como orientação usou-se a metodologia preconizada na Norma DNIT 010/2004 – PRO, que define critérios de conceituação para verificação da condição de estabilidade, por meio de classificação de nota que pode variar de 1(obra crítica) a 5 (obra sem problemas).

Sendo assim, as manifestações patológicas e os danos estruturais mais presentes na amostra estudada puderam ser identificados.

3.2 Pontes analisadas no estudo

O Quadro 3 exibe as rodovias federais jurisdicionadas no Estado de Pernambuco com as respectivas quantidades de OAE's que totalizam 546, e as Obras de Arte Especiais analisadas nesta pesquisa, que correspondem a 332 pontes e viadutos. Essa amostra foi estabelecida por corresponder a aproximadamente 60% do conjunto das pontes existentes.

Quadro 4 - Rodovias, quantidade total e quantidade de OAE's analisadas

Rodovia	Quantidade total de OAE's	OAE's analisadas
BR-101	117	115
BR-104	57	35
BR-110	33	24
BR-116	7	7
BR-232	80	64
BR-316	83	5
BR-407	31	30
BR-408	54	17
BR-423	30	30
BR-428	54	5
Total	**546**	**332**

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.3 Manifestações patológicas e danos estruturais identificados nas pontes estudadas

As Figuras 9 a 16 apresentam as principais manifestações patológicas e danos às estruturas da amostra.

Figura 9 – Ninhos de concretagem, eflorescências e corrosão de armaduras na face inferior da laje do tabuleiro

Figura 10– Corrosão de armaduras na face inferior da laje do tabuleiro

Figura 11 – Eflorescências em longarina e transversina de ponte e manchas marrom-avermelhadas do processo de corrosão de armaduras

Figura 12 – Trinca em encontro de ponte

Figura 13 – Dano estrutural em sapata isolada de ponte, com exposição de armadura principal

Figura 14 – Junta de dilatação danificada

Figura 15 – Corrosão de armadura principal, ocasionado redução de seção na base do pilar

Figura 16 – Ausência de dreno provocando umidade em longarina

ISBN: 978-85-65425-32-2

No intuito de detalhar melhor o estudo, são apresentadas a seguir as incidências das manifestações patológicas observadas nas pontes que fizeram parte da amostra, conforme a Figura 17.

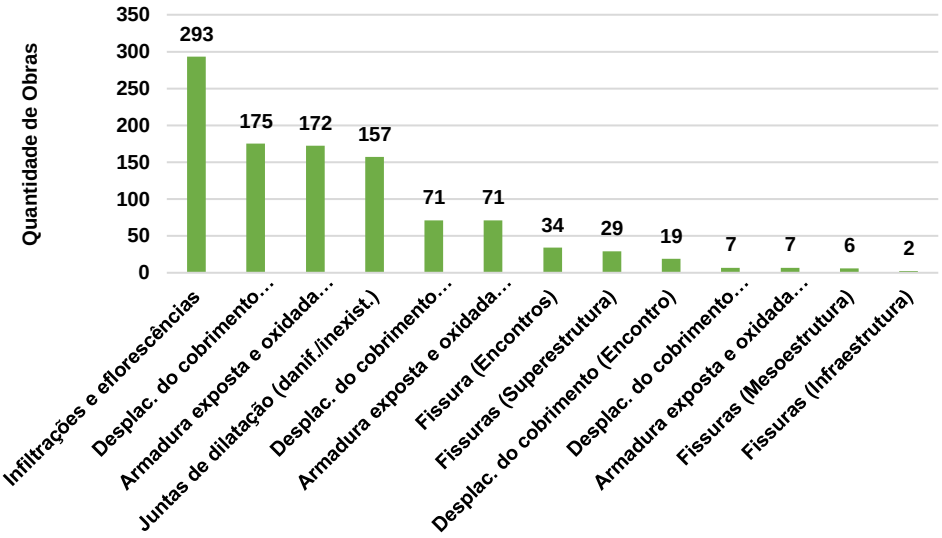


Figura 17 - Incidência das manifestações patológicas no conjunto das 332 pontes e viadutos analisados

A Figura 17 exibe um resumo da máxima incidência no conjunto analisado, destacando-se como predominância as infiltrações e eflorescências, presentes em 293 das OAE's, seguidas pelas seguintes anomalias: desplacamento do cobrimento do concreto (superestrutura) em 175 Obras, armaduras expostas e oxidadas (superestrutura), em 172 pontes e juntas de dilatação danificadas/inexistentes em 157 OAE's.

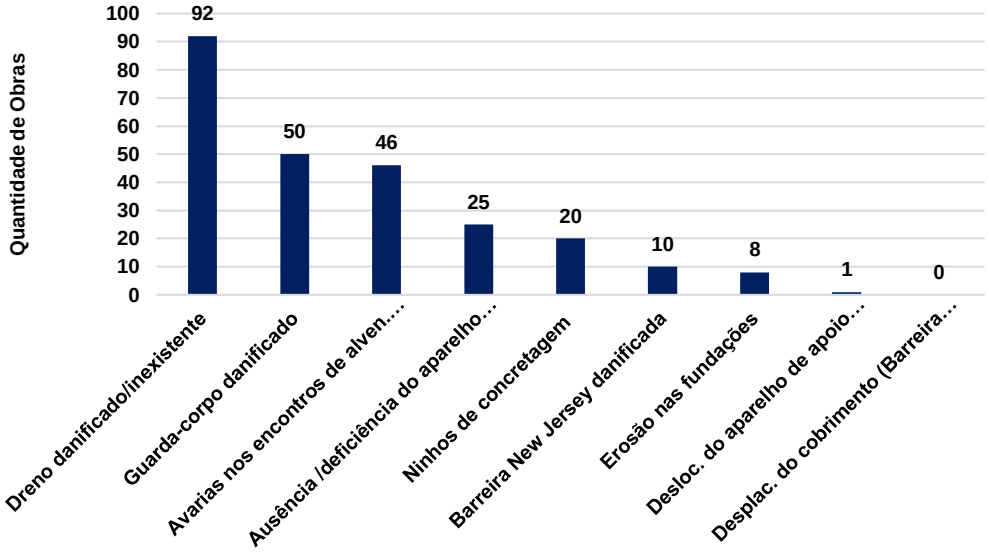


Figura 18 - Principais danos estruturais no conjunto das pontes e viadutos rodoviários estudados

ISBN: 978-85-65425-32-2

De maneira similar, a Figura 18 acima mostra a síntese das principais avarias existentes nas pontes da amostra estudada. Constatou-se que 92 das 332 OAE's apresentaram dreno danificado/inexistente. Em seguida, destacaram-se guarda-corpos danificados (50 OAE's), avarias nos encontros de alvenaria de pedras/concreto (46 OAE's), ausência/deficiência do aparelho de apoio (25 OAE's) e ninhos de concretagem (20 OAE's). As demais degradações apresentaram-se de modo menos expressivo.

3.4 Condição de estabilidade das pontes e viadutos analisados

Para realizar a classificação das estruturas analisadas, foi utilizada a Norma DNIT 010/2004-PRO. Este normativo descreve a metodologia para fins de inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido nas rodovias federais brasileiras. A referida norma orienta quanto ao estabelecimento de nota técnica aos principais elementos estruturais da superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, que poderá variar de 1 a 5, no momento da realização das inspeções. Essa classificação tem a finalidade de apresentar a real situação das avarias existentes em cada elemento, indicando preliminarmente as condições de estabilidade e segurança das pontes e dos viadutos.

A Figura 19 demonstra as condições de estabilidade estrutural no conjunto considerado. 156 OAE's qualificaram-se como obras potencialmente problemáticas (Nota 3), totalizando 46,99%. 174 foram obras classificadas com notas entre 1 e 3, o que equivale a 52,41% da amostra avaliada. Esta informação é bem importante para efeito de análise por parte do DNIT, com vistas à programação das ações de recuperação e/ou reforço estrutural.

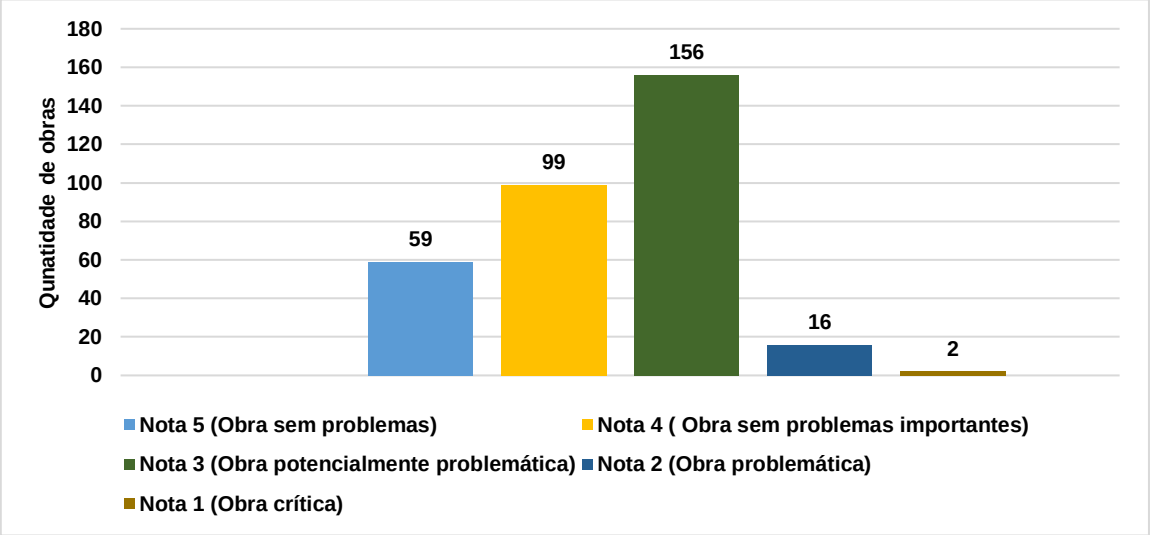


Figura 19 - Condições de estabilidade conforme a norma – DNIT 010/2004-PRO

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. Conclusões

Sabe-se que as pontes e viadutos das rodovias federais, estaduais e municipais brasileiras se encontram em microclima agressivo. Associado a esse fator determinante para a deterioração estrutural, ainda existe uma grande carência de políticas públicas que contemplem um planejamento de manutenções preventivas periódicas para impedir o precoce surgimento de anomalias e danos estruturais.

No que diz respeito à incidência de manifestações patológicas, verificou-se um elevado número de infiltrações e eflorescências (88%). Este fato pode ter sido originado pela inexistência ou deficiência do sistema de drenagem de águas pluviais, bem como por questões relativas aos projetos (especificação ou execução incorreta da declividade do pavimento). As anomalias concernentes ao desplacamento do cobrimento (superestrutura) e armaduras expostas e oxidadas (superestrutura) podem ser explicadas pelo uso de normas que não tinham os critérios e especificações técnicas dos materiais exigidos pelas normas atuais. No que tange às juntas de dilatação, possuem papel fundamental, pois foram responsáveis por parte das infiltrações e umidade observadas nas infiltrações e eflorescências do tabuleiro.

Os danos estruturais observados nas estruturas analisadas também devem ter as suas origens identificadas, particularmente os relativos aos drenos danificados/inexistentes. Esta deficiência contribuiu para o surgimento das infiltrações e eflorescências supramencionadas. Outro dano estrutural de extrema importância se refere às avarias nos encontros de alvenaria de pedra/concreto. Elas foram observadas em 46 (quarenta e seis) pontes e viadutos deste estudo e devem ser criteriosamente inspecionadas e estudadas, pelo fato de acarretarem graves problemas concernentes a erosões nos aterros das cabeceiras das pontes.

Em relação à condição de estabilidade, verificou-se que quase metade da amostra se qualificou com nota 3, o que deve servir de alerta, pois isso exige um planejamento a curto prazo para fins de inspeções rotineiras e de manutenções preventivas periódicas, visando evitar a evolução dos problemas e, principalmente, que essas estruturas venham futuramente receber a nota 1. Salienta-se que as Obras de Arte Especiais classificadas como problemáticas e críticas estão atualmente contempladas em termos de referência e anteprojetos objetivando as suas reabilitações.

Diante da existência dos problemas patológicos e danos estruturais apresentados no presente estudo e, visando evitar preventivamente a presença de tais anomalias, torna-se importante adotar alguns procedimentos como projetos elaborados com a devida atenção, atentando para o respeito às normas vigentes, assim como uma boa qualidade de execução e fiscalização, sem esquecer de seleção adequada das características dos materiais a serem utilizados nesses tipos de obras. Ressalta-se ainda a importância quanto à prática de técnicas de monitoramento, assim como a implantação de sistemas de gestão de pontes e viadutos, pois tais procedimentos permitem agilizar a tomada de decisão para identificar as intervenções mais adequadas para as ações de conservação.

Mesmo que as informações obtidas da presente pesquisa sejam referentes à malha rodoviária federal de Pernambuco, pode-se afirmar que representam o estado atual das

ISBN: 978-85-65425-32-2

Obras de Arte Especiais das rodovias brasileiras, que têm condições de conservação e de estabilidade similares no que tange à durabilidade e à vida útil da amostra estudada.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes) por disponibilizar o acesso aos dados e às informações das pontes estudadas.

Referências

ANDRADE, C. Análisis crítico sobre la modelización de vida útil para corrosión de armaduras en ambientes com cloruros. In: CINPAR 2013 / CONGRESO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGÍA Y RECUPERACIÓN DE ESTRUCTURAS, 9, 2013a, João Pessoa. Anais... João Pessoa, 2013. 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: projeto de estruturas de concreto - procedimento. Rio de janeiro, 2014.

BERTOLINI, L. Materiais de Construção: patologia, reabilitação e prevenção. Tradução de Leda Beck. São Paulo: Oficina de Textos, 2010. 414p.

CASCUDO, O.; CARASEK, H. Ação da carbonatação no concreto. 1. ed. In: FILHO, J. M. (Dir.). Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON. ISAIA, G. C. (Ed.), 2011, v. 1, p. 849 – 885.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES. Norma DNIT 010/2004 – PRO: inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – procedimento. 1.ed. Rio de Janeiro, 2004.

_____. Sistema de gerenciamento de obras de arte especiais - SGO. Inspeção rotineira e dados cadastrais. Brasília, 2015. 1 CD-ROM.

_____. Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. 1.ed. Rio de Janeiro, 2010.

FILHO, L. C. P. da S.; HELENE, P. Análise de estruturas de concreto com problemas de resistência e fissuração. 1. ed. In: FILHO, J. M. (Dir.). Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON. ISAIA, G. C. (Ed.), 2011, v. 2, p. 1129 – 1174.

HELENE, P. R. L. Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. 2 ed. São Paulo: Pini, 1992. 213 p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MASCIA, N. T.; SARTORTI, A. L. Identificación y análisis de patologías en puentes de carreteras urbanas y rurales. Revista Ingeniería de Construcción. [online]. 2011, v. 26, n.1, p. 05-24. ISSN 0718-5073. Disponível em: <http://www.scielo.cl/pdf/ric/v26n1/art01.pdf>. Acesso em 22 maio 2015.

MEDEIROS, M. H. F. de.; ANDRADE, J. J. de O.; HELENE, P. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. 1. ed. In: FILHO, J. M. (Dir.). Concreto: ciência e tecnologia. São Paulo: IBRACON. ISAIA, G. C. (Ed.), 2011, v. 1, p. 773 – 808.

MEYER, K. F. Passarelas e pontes para dutos. 2. ed. Belo Horizonte: RONA. 2011. 243p.

MONTEIRO, E. C. B. Notas de aula do mestrado. Manifestações patológicas em estruturas de concreto. Escola Politécnica de Pernambuco. Universidade de Pernambuco, 2014, 34p.

RIBEIRO, D. V.; SALES, A.; SOUZA, C. A. C.; ALMEIDA, F. C. R.; CUNHA, M. P. T.; LOURENÇO, M. Z.; HELENE, P. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. 1.ed. In: RIBEIRO, D. V. (Coord.). Corrosão em estruturas de concreto armado: teoria, controle e métodos de análise. São Paulo: ELSEVIER. 2014. p. 37 – 50.

SILVA, C. J. G. Uma amostra das condições estruturais e funcionais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco. 141p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Pernambuco, Recife, 2016.

TASCA, M. Estudo da carbonatação natural de concretos com pozolanas: monitoramento em longo prazo e análise da microestrutura. 2012. 179p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2012.

VITÓRIO, J. A. P. Um estudo comparativo sobre métodos de alargamento de pontes rodoviárias de concreto armado, com a utilização das normas brasileiras e Eurocódigos. 2013. 296p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Especialização em Estruturas) – Faculdade de Engenharia Universidade do Porto – FEUP, Porto, 2013.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

DEGRADAÇÃO EM ESTRUTURAS METÁLICAS: ESTUDO DE CASO EM QUADRAS ESPORTIVAS

Degradation In Metal Structures: Case Study In Sports Courts

Júlia M.C.CARVALHO[1], **José** H.M.FERNANDES.[1], **Heloína** N.COSTA[2]

[1]Centro Universitário Christus, Fortaleza-Ce, Brasil, julia.engenharia@hotmail.com

[1]Centro Universitário Christus, Fortaleza-Ce, Brasil, hiago_05@hotmail.com

[2]Centro Universitário Christus, Fortaleza-Ce, Brasil, heloinan@hotmail.com

Resumo: As estruturas metálicas têm tido um forte crescimento no mercado brasileiro nos últimos anos. Na cidade de Fortaleza-Ce, também é crescente a demanda por novos projetos que utilizem essa solução construtiva, especialmente em galpões comerciais, no entanto, a sua manutenção ainda é um grande limitador da ampla utilização desse sistema. No caso específico de quadras esportivas de edificações públicas, como praças e escolas, as coberturas vêm sendo retiradas por demandarem constantes reparos e substituições de perfis metálicos. Desse modo, o presente trabalho busca identificar o perfil de degradação de estruturas metálicas de quadras esportivas. Para isso realizou-se um estudo de caso que contempla a inspeção em cinco quadras localizadas em diferentes regiões da cidade, identificando a agressividade ambiental que as mesmas estão expostas. Verificou-se que todas as estruturas metálicas mostram a presença de corrosão. Os pontos mais danificados são os constituídos por juntas soldadas ou parafusadas, assim como as bases das mesmas, feitas em estrutura mista concreto-aço, onde estão concentradas as maiores cargas.

Palavras-chave: degradação; estruturas metálicas; quadras esportivas.

Abstract: The metal structures have had a strong growth in the Brazilian market in recent years. In the city of Fortaleza-Ce, there is also a growing demand for new projects that use this constructive solution, especially in commercial warehouses, however, its maintenance is still a great limitation of the wide use of this system. In the specific case of sports courts of public buildings, such as squares and schools, the roofs have been removed because they demand constant repairs and substitutions of metallic profiles. In this way, the present work seeks to identify the degradation profile of metallic structures of sports courts. For this, a case study was carried out that contemplates the inspection in five blocks located in different regions of the city, identifying the environmental aggressiveness that they are exposed. It has been found that all metal structures show the presence of corrosion. The most damaged points are those made up of welded or bolted joints, as well as the bases thereof, made in concrete- steel mixed structure, where the largest loads are concentrated.

Keywords: degradation; metallic structures; sports court

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Na construção civil existe uma grande variedade de materiais e modelos estruturais que podem ser utilizados e aplicados. Ao longo das últimas décadas as estruturas metálicas tem tido um forte crescimento no mercado brasileiro. Atualmente, o aço tem sido empregado na construção de edifícios, pontes, viadutos, barragens, entre muitas outras obras.

Estruturas metálicas são formadas pela associação de chapas ou perfis ligados entre si através de conexões, aparafusamento ou soldas. A garantia da qualidade da estrutura depende da correta aplicação dos métodos e procedimentos para a execução do projeto. Quando feitas em aço, torna-se importante observar as propriedades de ductilidade, fragilidade, resiliência, tenacidade, fadiga e dureza, a fim de melhor desenvolver a segurança da estrutura.

Algumas características são responsáveis pela intensa procura do aço, essas correspondem: ao seu fácil manuseio, que proporciona uma maior rapidez na execução dos serviço; a resistência, que irá contribuir com uma boa durabilidade da estrutura; a boa compatibilidade com outros materiais, por exemplo, aço e concreto. Ainda podem ser considerados materiais leves quando comparados com o concreto, por exemplo, as colunas (pilares) são menos robustos permitindo uma maior leveza estrutural, além de apresentarem formatos que permitem a sua modelagem. Outro aspecto relevante, é a maior precisão do posicionamento das peças, garantindo uma melhor estabilidade.

As estruturas metálicas podem ser utilizadas das mais diversas formas, por exemplo: estruturas em balanço, como marquises, que têm função de cobrir a entrada de edificações; em treliças, que permite melhor distribuição de cargas na estrutura e garante intertravamento dos elementos e vencem grandes vãos; e ainda, em formato de pórticos. Assim, é possível encontrar estruturas metálicas em estádios de futebol, quadras esportivas, galpões, obras de arte, como pontes e passarelas.

Atualmente, as quadras poliesportivas, em sua grande maioria, são executadas em aço ou outro material metálico. Geralmente, os projetos dessas estruturas contemplam coberturas no formato de arco, com telhas metálicas leves, projetadas sobre treliças, terças e vigas metálicas, essas apoiadas em pilares, também metálicas. A vida útil do projeto da cobertura de uma quadra poliesportiva, geralmente deve ser maior ou igual a 20 anos, sendo que, sua deterioração depende, em parte, do ambiente no qual a quadra está inserida. Locais que apresentem incidência de maresia, ventos fortes, elevadas temperaturas, várias outras características, podem causar danos às estruturas metálicas. Levando em consideração a região metropolitana de Fortaleza- Ce, que é conhecida pela sua intensa maresia, o perfil de durabilidade dessas estruturas em especial as que se encontram próximas as praias não alcançam o tempo estimado para seu desempenho, 20 anos, como deveria. Atualmente, é muito comum a retirada das coberturas de quadras poliesportivas de edificações públicas, como escolas, praças, entre outros, devido ao alto custo de manutenção das mesmas em decorrência da degradação frequentemente observada nas estruturas metálicas.

Dessa forma, o referente trabalho tem por objetivo realizar o estudo de caso em estruturas metálicas de quadras esportivas, em diferentes regiões e bairros da cidade de Fortaleza – Ce, com intuito de entender o perfil de degradação das estruturas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2. Referencial teórico

As estruturas metálicas, assim como outros tipos de estruturas, passam por vários cuidados regidos por normas técnicas, visando garantir segurança, planejamento adequado do projeto, viabilidade de execução, estética e durabilidade. Dessa forma, é necessário conhecer os agentes causadores de deterioração de estruturas metálicas. A corrosão é o principal fator de deterioração dos metais, a sua ocorrência pode estar relacionada a diversos fator como, a presença de ambientes marítimos próximos as estruturas, as condições térmicas em que se encontram e aos cuidados durante a execução e manutenções das mesmas.

A cidade de Fortaleza apresenta na atmosfera um alto índice de cloretos e sulfatos, presente principalmente na praia do futuro e no porto marítimo e industrial. Segundo Albuquerque (2005), a presença da agressividade do ar é o grande causador da intensidade e velocidade da corrosão nas estruturas metálicas. De acordo com estudos realizados para verificar os graus de agressividade na cidade de Fortaleza, verificou-se a partir das classes de agressividade ambiental dadas pela NBR 6118 (ABNT,2014), que existem três riscos de deterioração presentes na cidade, sendo as áreas mais distantes das praias de nível moderado, as regiões das orlas marítimas com grau forte de agressividade e os locais de ambientes industriais e com respingos de marés considerados muito fortes.

Na região metropolitana de Fortaleza apresenta um alto índice de íons cloretos principalmente nas áreas próximas ao mar, que contribui para um elevado índice de corrosão das estruturas metálicas, e quando as armaduras das estruturas ficam sujeitas a agentes agressivos, como os cloretos, pode-se iniciar a corrosão da mesma, reduzindo a vida útil do material, além de provocar uma diminuição da funcionalidade e estabilidade da estrutura (Campos, 2016). Além de ser uma cidade localizada no Nordeste do Brasil, uma região que apresenta elevadas temperaturas em grande parte do ano contribuindo dessa maneira para a dilatação do aço, podendo ocasionar também a fadiga, devido a dilatação térmica provocada nas estruturas de aço, potencializando o efeito da corrosão.

Segundo Santos (2011), a ação corrosiva da atmosfera depende fundamentalmente dos fatores: umidade relativa, substâncias poluentes e gases, temperatura e tempo de permanência do filme de eletrólito na superfície metálica. A cidade de Fortaleza tem, na maior parte do ano, elevadas temperaturas e muitas áreas industriais que contribuem para a presença de poluentes e gases. Santos (2011) realizou um estudo na região do centro de Fortaleza, no qual detectou que a presença de corrosão nas estruturas metálicas é pouco significativa, isso pode ser explicado pela relativa distância da orla marítima, uma vez que, o contato com umidade e agressividades causados por cloretos, por exemplo, são considerados de graus moderados. Também foi possível verificar a incidência de princípios corrosivos nas juntas das estruturas metálicas analisadas.

Os pontos mais afetados pela corrosão em construções metálicas são as juntas, que, normalmente, são realizadas a partir de processos de soldagem ou união mecânica. Segundo Fedele (2012), alguns aspectos que devem ser analisados para minimização da corrosão de juntas soldadas são: a utilização de procedimentos de soldagem adequados, a realização de tratamentos térmicos pós soldagem e a utilização de materiais especiais como complemento de proteção.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Além disso, a corrosão em juntas soldadas também são causadas de forma mais específica diante da velocidade de resfriamento desses pontos após a soldagem. Esse fator depende do processo de execução, segundo Fedele (2012), quanto menor for a quantidade de calor transmitida as juntas durante o processo de soldagem, menor será a temperatura provocada e mais rápido será o resfriamento da junta soldada, isso garante que elevadas ondas de calor provocam maior corrosão nas juntas durante a sua execução, e com o resfriamento mais rápido a estrutura estará menos sujeita a corrosão.

As juntas metálicas com a utilização de parafusos também são grandes causadores de corrosão local. A presença de parafusos aumenta os pontos de acesso aos agentes corrosivos, portanto, nessas regiões perfuradas, a corrosão pode degradar as juntas mais rapidamente. Para Alves (2007), as estruturas parafusadas podem ser mais viáveis que as soldadas. Dependendo da tipologia do projeto, pode-se escolher os tipos de ligações, soldadas ou parafusadas, com melhor custo-benefício. Além de poderem ser escolhidas por pontos individuais, de acordo com as características específicas da ligação.

Outro aspecto importante referente à corrosão nas juntas, trata-se da observação constante nesses pontos para realização de manutenções. Segundo Ribas (2006), essas regiões quando encontram-se em estado inicial de degradação são difíceis de serem vistas, o que pode aumentar o efeito corrosivo. Tratando-se de casos iniciais torna-se interessante fazer uma limpeza local para retirar fungos, umidade ou a própria ferrugem, em seguida vedar as regiões abertas e aplicar revestimentos protetores como esmaltes.

3. Métodos de pesquisa

Têm-se por método de pesquisa realizado o modelo descritivo exploratório, a partir da realização de um estudo de caso em quatro quadras esportivas localizadas nas regiões A, B, C, D e E da cidade de Fortaleza, estando A e C situada no bairro José Walter, B no Conjunto Mondubim, D no bairro Lagoa Sapiranga e E localizada na beira mar no bairro Moura Brasil. Com o propósito de analisar quais dessas regiões sofrem maiores índices de corrosão, quais os pontos das estruturas mais afetadas e com minimizar os efeitos causadores da corrosão em quadras esportivas de estruturas metálicas.

3.1 Processo executivo

A identificação das manifestações patológicas foram realizadas inicialmente a partir da vistoria das quadras esportivas, com o apoio da equipe técnica de uma empresa especializada em reformas. Realizou-se análise visual e realizou- se o registro fotográfico de diversos pontos das estruturas como, bases, juntas, telhados e treliças. Com isso, foi possível perceber que os pontos mais comprometidos eram as juntas, sendo que nas quadras A e B eram fixadas com parafusos na base e as quadras C e D eram soldadas. Portanto, decidiu- se estudar essas estruturas com ênfase nas juntas e nas bases das estruturas. Nas Figuras 1 e 2 são apresentados registros da vistoria realizada nas estruturas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 1 - Vistoria nas juntas

Fonte: Autor (2017)

Figura 2 - Vistoria nas juntas

Fonte: Autor (2017)

Figura 3 – Modelo de estrutura metálica

Figura 4 - Estrutura pronta

Fonte:http://estrutecltda.com.br/portfolio/img/q uadra_poliesportiva/quadra_poliesportiva4.jpg

O modelo típico de quadra esportiva constituída de estruturas metálicas está apresentado na Figura 3. De modo geral, as estruturas metálicas de quadras esportivas podem ser compostos de diversos tipos de materiais metálicos, além de outros tipos de materiais, como o concreto armado nas bases de fundações

4. Resultados

A partir das análises realizadas *"in loco"* e registros fotográficos, foi possível constatar que as cinco quadras esportivas, mesmo estando situadas em diferentes bairros da cidade de

ISBN: 978-85-65425-32-2

Fortaleza, apresentaram um elevado índice de corrosão, e verificou-se que as juntas e bases das estruturas eram as mais comprometidas pelos efeitos corrosivos.

Nas figuras 4 e 5 são apresentados os registros fotográficos da quadra situada no bairro José Walter- Quadra A, foi possível constatar a presença de telha soltas e rasgadas pela ação do vento, além de pontos na estrutura metálica comprometidos pela corrosão, percebeu-se também a presença de manchas na pintura, provavelmente mais um efeito da corrosão nos perfis.

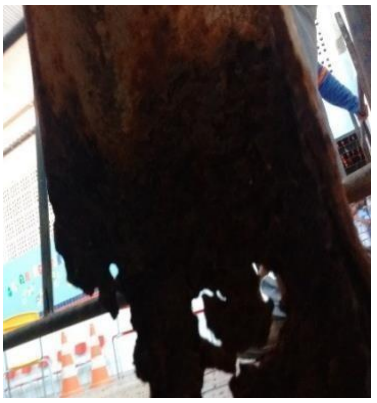
Figura 4 e 5 – Pedaços de telhas rasgadas – Quadra A Fonte: Autor (2017)

Nas figuras 6 e 7 são apresentados os registros fotográficos da estrutura localizada no bairro Conjunto Mondubim - Quadra B, onde observa-se que as partes mais comprometidas são as bases, em que foram utilizadas soldas e parafusos, havendo uma grande perda do material e com necessidade da troca e manutenção das mesmas.

Figuras 6 e 7 - Ligação base-estrutura metálica degradas – Quadra B Fonte: Autor (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Nas figuras 8, 9 e 10 são apresentadas as imagens da quadra situada no bairro José Walter – Quadra C, que apresentam grande intensidade de corrosão nas juntas e ligações de treliças, com perda quase total nesses pontos, sendo necessária substituição dos perfis. Ressalta-se que mesmo se tratando de um bairro distante do mar o perfil de corrosão é gravíssimo.



Figuras 8, 9 e 10 – Corrosão nas juntas de ligação – Quadra C. Fonte: Autor (2017)

As Figuras 11 e 12 são referentes à quadra localizada no bairro Lagoa Sapiranga – Quadra D, onde se vê que os pontos mais afetados foram também nas juntas e na base da estrutura metálica, com a presença de descascamento da pintura na parte da base, havendo um grande comprometimento e perda de materiais.

Figura 11 – Degradação da estrutura – Quadra D **Figura 12** – Degradação da estrutura – Quadra D
Fonte: Autor (2017)

Nas figuras 13 e 14 são mostradas as imagens da quadra situada no bairro Moura Brasil, na Beira Mar – Quadra E, que apresentam grande incidência de corrosão nos pontos de encontro e características de empolamento nas juntas, com perda bastante agravante

ISBN: 978-85-65425-32-2

nesses pontos, sendo importante o tratamento e substituição desses perfis. Equivalendo- se de que por se tratar de um bairro muito próximo ao mar o grau de corrosão é gravíssimo.

Figura 13 – Deterioração das juntas – Quadra E Autor (2017)

Figura 14 – Deterioração das juntas – Quadra E Fonte:

A partir da observação das manifestações patológicas presentes nas quadras A, B, C D e E, realizou-se um estudo comparativo com base na agressividade marinha apresentadas no trabalho de Campos (2016), buscando correlacionar fatores relativos à localização de cada quadra com o nível de degradação das mesmas.

Um dos fatores que influenciam a ocorrência da corrosão é a incidência do vento, já que Fortaleza - Ce é uma cidade litorânea. A direção que o vento atua vai de Leste a Sudeste, como representado na Figura 14, fazendo-se um comparativo entre a localização das quadras pode-se perceber que a quadra D encontra-se próxima ao mar e também da praia do futuro, onde tem maior incidência de vento e pode contribuir fortemente para degradação das quadras. Já a quadra E apesar de se tratar da quadra com maior proximidade da região marítima não foi tão afetada pela incidência de ventos quando observado o sentido representado abaixo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 14 – Mapa da posição do vento em Fortaleza

Fonte: Adaptado de Campos (2016)

Outra importante observação trata-se do grande índice de íons cloretos na região litorânea de Fortaleza, observando-se no mapa apresentado na Figura 15, a indicação dos níveis de agressividade em diferentes pontos da cidade. Desse modo, pode-se ver que a praia do futuro, localizada no lado leste do mapa, apresenta classe IV considerada muito forte, e com isso, a quadra D, por estar mais próxima do trecho com maior grau de agressividade está mais propicia a sofrer degradações diante dos íons cloretos e dos respingos de marés predominantes.

Figura 15 - Mapa de representação das classes de agressividade

Fonte: Campos (2016)

ISBN: 978-85-65425-32-2

No tocante às quadras A, B e C, mesmo estando situadas mais distantes das praias, também sofrem com os efeitos corrosivos causados pelo vento e pela maresia. Quanto a quadra E, foi observado a presença de camadas de proteção anticorrosiva, porém mesmo com o tratamento os efeitos destrutivos são bastante aparentes.

Fazendo um comparativo do presente estudo com os resultados apresentados por Brambilla (2009), foi possível notar que um fator em comum corresponde a direção e a velocidade que o vento atua podendo ser mais forte em algumas épocas do ano, e que em regiões que o mar tenha arrebentações de marés mais intensas aumenta a probabilidades de efeitos corrosivos nas estruturas.

De modo geral, os resultados obtidos nas vistorias das quadras A, B, C, D e E apontam que os trechos mais danificados correspondem às juntas, uniões e a base da estrutura, pelos quais apresentam perfis muito comprometidos, com intensa presença de corrosão. Conforme os estudos de Fedele (2012), o grande alvo do motivo da corrosão nas juntas quando soldadas trata-se da presença elevada de temperaturas máximas atingidas pela Zona Afetada pelo Calor (ZAC) e a velocidade de resfriamento destas regiões após a soldagem, e com isso as juntas acabam ficando mais frágeis quando soldadas, contribuindo dessa maneira para que a corrosão nesses pontos apareça mais rapidamente.

Outro aspecto segundo Campos (2016) corresponde à forte agressividade marítima a partir dos respingos de maré, íons cloretos e ventos que são extremamente predominantes na cidade de Fortaleza - Ce. Outro fator observado que influencia na deterioração de estruturas metálicas, provocando corrosão localizada, segundo Muniz (2007), é a forma como os parafusos são fixados nas juntas e base da estrutura metálica, além da utilização correta dos parafusos em cada ponto, pois uma vez utilizados parafusos em geometrias diferentes ao local de aplicação pode implicar em espaços vazios entre o parafuso e a junta o que proporciona o acumulo de água, sendo dessa maneira um grande causador de corrosão neste quesito.

5. Considerações finais

As conclusões obtidas nesse estudo são limitadas às informações disponíveis nos locais da pesquisa. Algumas variáveis importantes no processo de corrosão de estruturas metálicas não puderam ser comparadas, como a idade de cada estrutura, detalhes construtivos e projeto, assim como a especificação de materiais. Desse modo, não se obteve um aprofundamento das especificidades de cada estrutura, no entanto, identificou- se o perfil de degradação dessas estruturas na Cidade de Fortaleza.

Conforme as inspeções realizadas nas quadras A, B, C, D e E, todas as estruturas metálicas mostram a presença de corrosão. Os pontos mais danificados são os constituídos por juntas soldadas ou parafusadas, assim como as bases das mesmas, feitas em estrutura mista concreto-aço, onde estão concentradas as maiores cargas. Tendo em vista que essas regiões são particularmente suscetíveis à corrosão e acrescentando-se o fator da agressividade ambiental, que na maior parte da cidade de Fortaleza-Ce tem índice moderado e forte, pode-se justificar a rápida degradação dessas estruturas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Portanto, torna-se necessário uma grande atenção a esses pontos das quadras através de reforço na proteção anticorrosiva com cuidados de temperatura na hora da soldagem, uso de soldas de qualidade que garantam uma boa durabilidade, além de reforço com tintas de proteção. Quanto às juntas parafusadas, torna-se viável a utilização de borrachas de vedação para evitar a passagem de água por brechas entre o parafuso e as juntas e, consequentemente, evitar a corrosão nesses perfis.

Referências Bibliográficas

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

ALBUQUERQUE, A.T. DE OTOCH, S. Proposta de Classificação da Agressividade do Ambiente na Cidade de Fortaleza. IBRACON. Setembro/2005.

ALVES, R.A.F. PROJECTO DE LIGAÇÕES DA ESTRUTURA DE COBERTURA DA NOVA BANCADA DO ESTÁDIO ENG. RUI ALVES. VI Congresso de Construção Metálica e Mista.2007.

BRAMBILLA, K.J.C. INVESTIGAÇÃO DO GRAU DE CORROSIVIDADE SOBRE MATERIAIS METÁLICOS DAS REDES AÉREAS DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (RD) DA REGIÃO METROPOLITANA DE SALVADOR-BA. 2009, Curitiba, PR, Brasil.

CAMPOS, A.M.R. CABRAL, A.E.B. Estudo da Agressividade do ar em Fortaleza-Ce. INOVACON, COOPERCON-CE, SINDUSCON-CE, CIMENTO APODI, PEC-UFC. Novembro/2016.

FEDELE, R. CORROSÃO INTERGRANULAR EM JUNTAS SOLDADAS - PARTE III.

Boehler Thyssen Técnica de Soldagem Ltda. Jul. 2012.

MUNIZ.J.M. Fenômenos tribológicos intrínsecos ao travamento de juntas de engenharia aparafusadas. JMM, São Paulo, 2007.

Revista Corrosão e Proteção. Último acesso em 20 de dezembro de 2016.
http://www.abraco.org.br/src/uploads/2015/10/Revista-corrosao-e-protecao-55.pd

RIBAS. R. A. de Jesus, AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES FÍSICO-CONSTRUTIVAS E DE DESEMPENHO DE UMA EDIFICAÇÃO ESTRUTURADA EM AÇO. ESTUDO DE CASO: PRÉDIO DA EM DA UFOP. Novembro/2006, Ouro Preto, MG, Brasil.

ISBN: 978-85-65425-32-2

SANTOS, D.V. CABRAL, A.E.B. Diagnósticos de Patologias em Estruturas Metálicas do Theatro José de Alencar. Junho/2011.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÃO COM ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO

Pathologies In Building With Reinforced Concrete Structure

Rodolfo GONÇALVES SANTOS[1], Alessandro SILVINO SOUSA[2], Eder PAULUS MORAES GUERRA[3]

[1] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil, rodolfoluis13@hotmail.com

[2] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil, alessandro.silvino.sousa@gmail.com

[3] Universidade Estadual Vale do Acaraú, Sobral-CE, Brasil, ederpaulus@yahoo.com.br

Resumo: Este estudo foi realizado para identificar manifestações patológicas encontradas em uma edificação no município de Sobral-CE e propor suas soluções. A mesma foi construída com estrutura em concreto armado, alvenaria de vedação com argamassa cola e possui oito pavimentos. A resolução das patologias desse edifício passou por três passos: acúmulo das informações necessárias para o entendimento do problema, identificação das diversas situações de causa e efeito e prescrição da solução do problema. Notou-se que não houve um correto planejamento da obra pois a mesma, no momento do estudo, estava há um ano e dois meses com suas atividades paralisadas, levando ao agravo das patologias que já existiam, facilitando o aparecimento de novas e, por consequência, aumentando o custo final da obra.

Palavras-chave: Prescrição da solução, atividades parada, planejamento, custo final.

Abstract: This study was carried out to identify pathological manifestations found in a building in Sobral-CE and to propose its solutions. It was built with reinforced concrete structure, masonry sealing with mortar glue and it has 8 floors. The resolution of the pathologies of this building went through three steps: Accumulated the information regarding the understanding of the problem, identification of the different situations of cause and effect and prescription of problem solution. It was noted that there was not a correct planning of the work because it was for one year and two months with its activities stagnanted, leading to the aggravation of pathologies that already existed, facilitating the appearance of new ones and, consequently, increasing the final cost of the work.

Keywords: Prescription of problem, activities stagnanted, planning, final cost.

1. Introdução

O concreto é composto pela mistura de argamassa e agregado graúdo, porém, quando envolvido com barras de aço é conhecido como concreto armado. O aço resiste muito bem à tração e compressão, por isso há uma grande importância de utilizá-lo no conjunto para

ISBN: 978-85-65425-32-2

compor as estruturas das edificações. Portanto, é bastante comum surgirem patologias nesse tipo de estrutura seja por falha de projeto, falta de manutenção preventiva, utilização, ações mecânicas etc.

Para que se possa ter uma estrutura com desempenho satisfatório é necessário que se faça um conjunto de procedimentos que garantam uma longa vida útil, desde a utilização de materiais adequados até cargas excessivas, que não foram previstas em projeto, podendo influenciar na deterioração da estrutura.

A quantidade e qualidade da água utilizada no concreto influencia bastante em sua resistência mecânica e características como porosidade, permeabilidade, densidade e compactação, assim como a dosagem utilizada pois, se o concreto não tiver uma boa trabalhabilidade, pode haver segregação dos componentes pela falta de coesão ou dificuldade em preencher todos os espaços da peça.

Outro fator de grande importância é a agressividade ambiental, que está relacionada às ações químicas e físicas que atuam sobre a estrutura de concreto, variando de fraca a muito forte de acordo com o tipo de ambiente que a estrutura está exposta, portanto, mesmo um concreto de alta resistência mecânica e bem executado pode não ser adequado para o local e vir causar problemas patológicos com poucos anos de uso.

Neste sentido, é importante identificar e tratar de forma rápida qualquer forma de patologia para evitar seu agravo, aumentando a vida útil daquela edificação, contribuindo para a economia e sustentabilidade da estrutura.

Portanto, esse artigo tem como objetivo identificar problemas patológicos encontrados em uma edificação construída com estrutura de concreto armado na cidade de Sobral-CE e propor soluções para evitar o agravo da situação encontrada.

2. Metodologia

Com o objetivo de identificar as patologias presentes no edifício em estudo, procurou-se seguir a metodologia proposta por LICHTENSTEIN (1985), formada basicamente por três etapas:

1. Obter as informações necessárias para o entendimento do problema: Para isso, realizou-se duas visitas com um exame minucioso por todo o edifício para identificar os possíveis locais em que se podiam se encontrar patologias, fazer registros fotográficos, e analisar os respectivos danos à edificação.

2. Entender o que provocou o problema patológico: A partir dos dados conhecidos, fazer as relações de causa e efeito do que pode ter gerado a patologia.

3. Estabelecer diretrizes para solução do problema patológico: Dependerá bastante do tipo de problema, do seu estágio e do agente agressor, pois, caso não tenha comprometido muito a vida útil do elemento estrutural, apenas o controle da progressão do problema poderá resolver.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Resultados e discussões

3.1 Dados do edifício

O edifício é localizado na zona urbana da cidade de Sobral□□-CE e possui 8 pavimentos com estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação com argamassa cola. A obra passou um ano e dois meses com suas atividades paradas com exposição a agentes naturais, como chuva, restando concluir o revestimento, instalações elétrica e hidrossanitária, pintura e cerâmica. Isso facilita o surgimento de patologias, pois deixa a estrutura mais exposta aos agentes externos.

3.2 Análise das patologias e intervenções

3.2.1 Vazios de concretagem

Também conhecidos como bicheiras, são defeitos que atingiram os pilares, vigas e lajes da edificação em estudo e são gerados devido a segregação dos componentes do concreto o que prejudica sua homogeneidade. Esse defeito atingiu alguns pilares (Figura 1), vigas (Figura 2) e lajes da edificação em estudo e caso não seja tratado, poderá se tornar mais do que um problema estético, afetando a durabilidade e resistência da estrutura pois, quanto maior for a porosidade do concreto, principalmente na parte externa, maior será a velocidade de carbonatação, na qual diminui o pH do concreto, deixando de proteger a armadura contra corrosão.

Figura 1 – Vazios de Concretagem em pilar

Figura 2– Vazios de Concretagem em viga

Diversos fatores podem formar os nichos de concretagem, como a falha do detalhamento da armadura ou na montagem das formas, vibração excessiva e dosagem inadequada. Ademais, lançar o concreto a alturas elevadas pode provocar a segregação do mesmo. A altura de lançamento do concreto não deve ser superior a 2,5m (Ercio Thomaz, 2003).

É um erro tentar tratar os vazios de concretagem apenas preenchendo os espaços vazios com argamassa. Cobrir a bicheira com argamassa ou qualquer outro material, sem removê-

ISBN: 978-85-65425-32-2

la poderá mascarar um problema mais sério, como a corrosão da armadura (Kuperman, 2006). Como as cavidades possuíam menos de 3cm de largura ou profundidade e não há exposição de ferragem, pode-se utilizar argamassa de cimento e areia fina com aditivo adesivo sintético para corrigir o problema, mas deve-se ficar atento para fazer um concreto com características semelhante a original.

3.2.2 Corrosão na armadura da laje

É uma das principais patologias que afetam as estruturas de concreto armado diminuindo a resistência mecânica, gerando fissuração no concreto, por expansão da armadura provocada pelo surgimento de ferrugem e reduzindo sua aderência com o aço. Esse tipo de problema patológico normalmente compromete bastante a durabilidade, sustentabilidade e economia da edificação e seu processo de recuperação é sempre dispendioso.

O melhor modo de proteger o aço contra corrosão é garantindo seu recobrindo total pelo concreto com baixa porosidade. Para chegarmos a um concreto que possua baixa porosidade e que seja pouco permeável deve-se estar atento à relação água /cimento, para que esta seja baixa e densa, utilizando uma granulometria bem graduada (Trindade, 2015, p. 31 *apud* Neville, 2013). No caso específico da obra em estudo, percebe-se que parte da armadura da laje não está recoberto pelo concreto (Figura 3), o que acelerou bastante o processo de corrosão.

Figura 3 – Corrosão no aço da laje

Para recuperação das lajes que sofreram corrosão é necessário limpar as armaduras afetadas utilizando escova de aço ou outro material e recompor as barras com mais de 20% do seu diâmetro perdido, fazer uma análise da possível redução da seção transversal e recuperar a estrutura de concreto afetada.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2.3 Aberturas em vigas

É muito comum utilizar furos e aberturas em elementos estruturais para passagem de tubulações, porém, às vezes não há compatibilidade entre o projeto estrutural e elétrico ou hidrossanitário, mas quando é feito a verificação de sua influência, o elemento estrutural atende perfeitamente a carga para qual foi projetado.

Em todos os pavimentos da obra notou-se aberturas na seção tracionada da viga de aproximadamente 100mm, localizados a menos de 1 metro do apoio da mesma onde a zona de cortante é alta, como mostra a Figura 4. As aberturas devem ser detalhadas para que não comprometam a estabilidade do elemento estrutural, pois geralmente elas causam redução da resistência da viga à força cortante, por isso, preferencialmente, as bielas de compressão devem permanecer e assim garantir uma resistência semelhante à viga de alma cheia. Além disso, deve-se dimensionar a viga para avaliar a possibilidade de implantar reforços estruturais, como o uso de cavaletes ou barras de aço adicionais próximas ao furo.

Figura 4 – Abertura na região tracionada da viga

3.2.4 Aberturas em lajes

Identificou-se diversas aberturas nas lajes da edificação que seriam utilizadas para passagem de tubulações hidrossanitária (Figura 5), porém, na grande maioria o serviço não foi completo, deixando-se as armaduras expostas sem nenhum tipo de recomposição do concreto. Isso facilitou a infiltração proveniente de água pluvial (Figura 6) o que gerou aumento da umidade na estrutura do edifício, facilitando a corrosão das armaduras das lajes que não estavam recobertas, além disso, provocou a propagação de mofo nas esquadrias de portas e janelas que já estavam implantadas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Abertura em laje

Figura 6 – Infiltração de água pluvial

É necessário que se faça o tratamento recomendável nas armaduras que foram prejudicadas pela corrosão e a recuperação do concreto que foi retirado, garantindo o recobrimento da armadura e evitando que o aço seja corroído novamente.

4. Conclusão

É notório que houve falta de planejamento e administração nessa obra, pois a mesma passou mais de um ano com suas atividades paralisadas, influenciando no surgimento de problemas patológicos por exposição a agentes ambientais agressivos. Isso gerou um aumento no custo final estimado inicialmente, pois deverá ser feita manutenção dos elementos que foram prejudicados. Portanto, é necessário que sempre se faça um bom planejamento da obra e caso haja paralisação, é recomendável que seja feito manutenções preventivas periódicas para identificar patologias e tratá-las o mais rápido possível, evitando que a vida útil da estrutura seja comprometida.

Referências Bibliográficas

Agustinho, S. R. Análise de influência de furos horizontais em vigas de concreto armado. Criciúma, 2009. Monografia (Título de Engenheiro Civil), UNESC, Universidade do Extremo Sul Catarinense.

Bastos, P. S. S. Notas de aula: Estrutura de Concreto armado. São Paulo, 2014. UNESP, Universidade Estadual Paulista, Campus de Bauru.

Figuerola, V. Vazios de Concretagem. Revista Techne, 2006. Disponível em:

ISBN: 978-85-65425-32-2

http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carmeane/materiais/Vazios_de_Concretagem_Technе_109.pdf. Acesso em: 21/06/2017 Giugliani, E. Aberturas em elementos estruturais de concreto. Rio Grande do Sul. Pontifícia □□Universidade Católica, PUC-RS. Disponível em: http://www.feng.pucrs.br/professores/giugliani/ENGENHARIA_CIVIL_Concreto_Armado_III/03_Aberturas_em_Elementos_Estruturais.pdf. Acesso em: 26/06/2017.

Júnior, S. C. C; Técnicas de recuperação de estruturas de concreto armado sob efeito da corrosão das armaduras. Belo Horizonte, 2008. Monografia (Pós graduação em Engenharia Metalúrgica), UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais.

Lapa, J. S. Patologia, recuperação e reparo das estruturas de concreto. Belo Horizonte, 2008.

Monografia (Pós graduação em Construção Civil), UFMG, Universidade Federal de Minas Gerais.

Lichtenstein, N. B. Boletim Técnico 06/86: Patologia das Construções. São Paulo, 1986. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP.

Souza, V. C. M de; Ripper, T; Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. 1º ed., Ed Pini, São Paulo, 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO CLIMA EM REVESTIMENTOS ARGAMASSADOS

Evaluation Of The Influence Of Climate On Mortar Coatings

Jeciane SOUSA[1], Raynnara LUCENAS[2], Matheus NASCIMENTO[3]

[1] Centro Universitário Euro Americano, Brasília, Brasil, jecianesousa20@gmail.com

[2] Centro Universitário Euro Americano, Brasília, Brasil, raynnaralucenas1511@gmail.com

[3] Centro Universitário Euro Americano, Brasília, Brasil, matheus.nascimento@unieuro.com.br

Resumo: O envelope construtivo que circunda os edifícios possui a finalidade de proteger os mesmos dos agentes de degradação externos. A deterioração das fachadas pela ação dos agentes que incidem sobre elas, principalmente os de origem climática, é uma das causas mais comuns de manifestações patológicas nestes sistemas. A aparição destas anomalias poderá comprometer o desempenho e vida útil das mesmas, de forma que a quantificação desses agentes tem permitido prever o comportamento dos edifícios ao longo do tempo. Isso vem se tornando possível por meio do desenvolvimento de ferramentas, que possibilitam o estudo das variáveis climáticas em relação a deterioração das construções. Este artigo teve como objetivo analisar as variações de temperatura para um sistema argamassado, com valores distintos de absortância: 0,3 e 0,7. Realizou-se a quantificação dos agentes climáticos: chuva dirigida, radiação e temperatura, para todas as orientações da fachada de um edifício localizado em Fortaleza-CE. Para isso utilizou-se o *software* WUFI® Pro 6.1 que realiza simulações higrotérmicas relacionando parâmetros de temperatura e umidade. A mensuração dos agentes climáticos incidentes sobre a fachada, permitiu conhecer as solicitações as quais as edificações estão expostas e prever assim seu comportamento. Os resultados encontrados permitiram conhecer as orientações mais influenciadas pela ação da chuva dirigida, radiação solar e amplitude térmica. Com a percepção destes dados torna-se possível a otimização de novos projetos e elaboração de efetivos planos de manutenção.

Palavras-chave: Degradação, Fachadas, Revestimentos Argamassados, Simulação Higrotérmica.

Abstract: The constructive envelope surrounding the buildings is intended to protect them from external degradation agents. The deterioration of façades by the action of agents that affect them, especially those of climatic origin, is one of the most common causes of pathological manifestations in these systems. The appearance of these anomalies could compromise the performance and useful life of the same, so that the quantification of these anomalies has allowed to predict the behavior of the buildings over time. This has become possible through the development of tools that allow the study of climatic variables in relation to deterioration of buildings. This article had the objective of analyzing the

ISBN: 978-85-65425-32-2

temperature variations for a mortar system, with different values of absortance: 0.3 and 0.7. The quantification of the climatic agents: directed rain, radiation and temperature, was carried out for all the orientations of the facade of a building located in Fortaleza-CE. For this, WUFI® Pro 6.1 software was used to perform hygrothermal simulations relating temperature and humidity parameters. The measurement of the climatic agents incident on the façade, allowed to know the requests to which the buildings are exposed and to predict their behavior. The results allowed to know the orientations most influenced by the action of directed rain, solar radiation and thermal amplitude. With the perception of these data, it is possible to optimize new projects and develop effective maintenance plans.

Keywords: Degradation, Facades, Mortar Coatings, Hygrothermal Simulation.

1. Introdução

As fachadas são sistemas de vedação que compõem a envoltória de um edifício e têm por função proteger o mesmo dos agentes externos de degradação, que estão relacionados diretamente com o processo de deterioração das fachadas. Processo este, que ocorre tanto por meio do envelhecimento espontâneo do edifício quanto pela exposição aos agentes climáticos, biológicos, físicos e químicos provindos do meio circundante. A ação desses agentes sobre as fachadas poderá ocasionar o surgimento de anomalias, que comprometerão a funcionalidade do edifício, o conforto estético e segurança dos usuários, ocasionando assim uma redução do desempenho e vida útil prevista em projeto.

Neste contexto, a norma ISO 15686-1 (ISO, 2011) define vida útil (VU) como o período de tempo durante o qual o edifício e/ou seus sistemas atingem ou excedem os requisitos de desempenho previstos em projeto. A vida útil de projeto (VUP) é o intervalo estimado de tempo em que um sistema é projetado para cumprir com os requisitos e critérios de desempenho, levando em conta os programas de manutenção previsto do manual de uso, operação e manutenção (ABNT NBR 15575-1, 2013).

Segundo Silva *et al* (2001), pode se considerar que a vida útil é a quantificação da durabilidade, que se pressupõe ser uma qualidade da estrutura. A VU está diretamente relacionada à correta execução e periodicidade das manutenções. Estas são conceituadas como um conjunto de tratativas e ações técnicas intervencionistas que asseguram a integridade do edifício (BELISÁRIO, 2016).

A evolução dos modelos matemáticos tem permitido analisar o desempenho higrotérmico das fachadas. Neste âmbito, a criação de *softwares* e/ou protótipos, permitem relacionar as variáveis climáticas com os agentes de degradação. Assim, estes modelos aliados a ensaios e estudos de campo fornecem dados relevantes e eficazes para atender as especificações de durabilidade e prevenir possíveis anomalias (JORNE, 2012).

Entre os principais tipos de revestimentos de fachadas mais utilizados estão os argamassados com pintura e/ou textura. No entanto se estes revestimentos não forem projetados e executados adequadamente, poderão apresentar manifestações patológicas e altos níveis de degradação. Nestes tipos de sistemas de revestimento as principais anomalias encontradas são: descolamento, eflorescências, fissuras, manchamentos e outros.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Dentre os agentes que envolvem as fachadas pode-se dizer que os mais relevantes são os provenientes do clima, que terão influência direta no comportamento higrótermico das mesmas. Entre eles se destacam: radiação, temperatura e chuva dirigida. A radiação consiste na energia radiante emitida pelo sol que chega a terra divida em parcelas direta, difusa e refletida; sendo a contribuição direta a que mais exerce influência nos ganhos térmicos da edificação (NASCIMENTO, 2016).

Já a temperatura é um agente atmosférico de acordo com a ASTM E632 (ASTM, 1996) capaz de provocar alterações físicas e/ou químicas. Sendo a primeira, principalmente relacionada à variação dimensional: expansão e retração. No segundo tipo de alteração a temperatura atua como dinamizadora de reações químicas, reduzindo a durabilidade do revestimento (RESENDE *et al* 2002).

A chuva dirigida é a combinação da precipitação com o vento. Individualmente a precipitação não causa efeitos de degradação consideráveis sobre as fachadas. Porém, uma vez combinada com o vento, assume um papel relevante no surgimento de manifestações patológicas: manchamentos, clareamentos e eflorescências na superfície do revestimento (PEREZ, 1986; BAUER, 1987).

Neste contexto, este artigo tem por objetivo avaliar as variações de temperatura em revestimentos argamassados, causadas pelas mudanças climáticas de Fortaleza-CE. Para isto, foi considerado um mesmo tipo de argamassa com absortâncias distintas, que também possuem o mesmo valor de porosidade. Assim, foram verificadas as diferenças com relação à mesma variação climática.

2. Metodologia do estudo

O presente estudo utilizou *o software* WUFI® Pro 6.1 desenvolvido pelo *Fraunhofer Institute for Building Physics* (IBP) na Alemanha, para a quantificação dos agentes climáticos que incidem sobre a envoltória do edifício relacionando a ação dos mesmos com a degradação das fachadas.

Neste programa é realizada uma simulação higrotérmica alimentada por meio de um banco de dados, que correlaciona parâmetros climáticos de temperatura, umidade e outros. O objetivo foi analisar o comportamento de um sistema argamassado com diferentes índices de absortância e mesma porosidade, para as orientações Norte, Sul, Leste e Oeste. Para este trabalho, dedicou-se atenção especial para os resultados referentes à chuva dirigida, radiação global e temperatura superficial para área investigada.

O local de estudo é a região metropolitana de Fortaleza-CE, que pela localização geográfica tem influência de massas de ar equatoriais e tropicais. Desta forma, o mesmo é definido como sendo tropical equatorial, com até seis meses secos (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.1 Características do Sistema construtivo

Para o caso analisado adotou-se como elemento construtivo o sistema argamassado. Este é um dos tipos de revestimento predominantes no Brasil e tipicamente utilizado na cidade deste estudo. Os componentes possuem as seguintes dimensões (Figura 1):

Camada A: argamassa de revestimento externo – 3 cm;

Camada B: bloco cerâmico – 9 cm;

Camada C: argamassa de revestimento interno – 3 cm.

Conforme mostra a Figura 1, foram adotadas duas posições de verificação de temperatura e umidade no sistema. Os pontos de controle se encontram na superfície da camada de revestimento exterior e na superfície do revestimento interior. Com os mesmos é possível fazer o monitoramento dos dados de temperatura e umidade a cada uma hora durante todo o período de simulação.

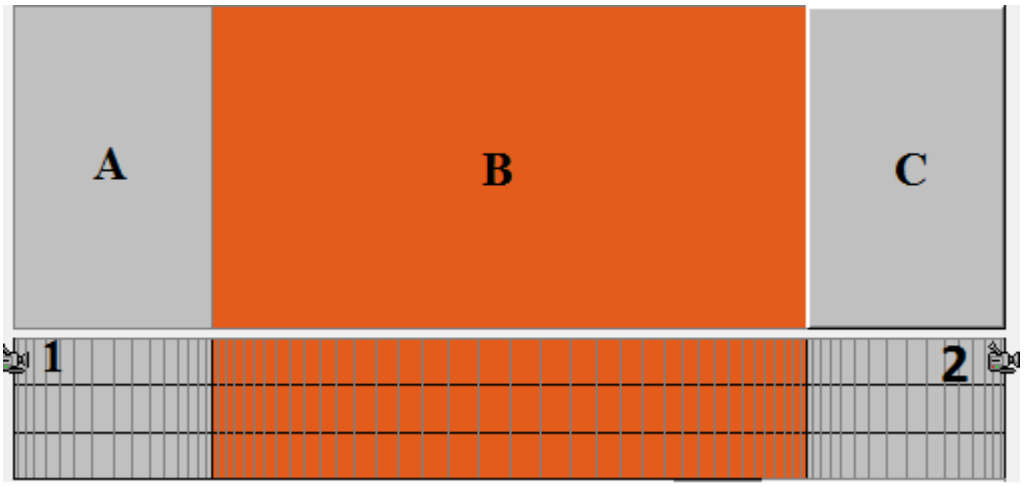


Figura 1 - Corte do sistema utilizado com suas respectivas camadas e posições de verificação de temperatura e umidade (adaptado de WUFI, 2017)

3. Propriedades Higrotérmicas

Os parâmetros de entrada do *software* WUFI® são baseados na norma DIN EN 15026: 2007 e se referem às características dos materiais e da envolvente da edificação. Cada camada do sistema argamassado adotado está classificada de acordo com as propriedades higrotérmicas básicas disponíveis para a simulação, sendo elas mostradas no Quadro 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 1- Propriedades higrotérmicas dos materiais

Elemento Construtivo	Massa Especifica Aparente (kg/m³)	Porosidade (m^3/m^3)	Fator de resistência à difusão de vapor de água [-]	Umidade de saturação livre (kg/m³)	Coeficiente de absorção de água (kg/m2. √s)
Bloco Cerâmico	578	0, 486	23	193	0,09
Argamassa de Revestimento Externo e Interno	1895	0, 301	27	120	0,03

Fonte – WUFI® Pro 6.1, 2017.

3.1 Procedimento da simulação

A simulação foi realizada para um edifício de 10 a 20 m de altura, considerando-se um período estimado de 3 anos, a contar de 01/01/2017 à 31/12/2019. Este período foi adotado para considerar a inserção da umidade de construção, que tende a estabilizar no terceiro ano simulado (NASCIMENTO, 2016). Desta forma, foram utilizados apenas os dados do último ano, e o processamento no WUFI® ocorreu basicamente em quatro etapas, conforme ilustra a Figura 2.

Na primeira fase da simulação (Entrada de dados), foram definidos os materiais e suas características higrotérmicas, assim como as condições de exposição que estão submetidos. Os coeficientes de transferência à superfície foram determinados de acordo com a ABNT NBR 15220: 2003, sendo a resistência térmica externa de 0,04 e a interna de 0,13. Para os cálculos da chuva dirigida que incide sobre as fachadas também foram utilizados os resultados fornecidos pelo próprio *software*, que possui um método próprio para o cálculo deste agente (NASCIMENTO, 2016). Por fim, foram adotados os valores de 0,3 e 0,7 para os coeficientes de absortância, que de acordo com a ABNT NBR 15575: 2013 representam as cores claras e escuras, respectivamente.

Após o processamento dos dados (Saída), são gerados valores quantitativos referentes à chuva dirigida, radiação, temperatura e umidade.

Na última etapa da simulação (Tratamento de dados), todos os valores obtidos foram organizados em planilhas, no intuito de interpretar os resultados e relacioná-los com a intensidade dos agentes e possíveis influencias na degradação das fachadas orientadas a Norte, Sul, Leste e Oeste.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 - Fases da Simulação Higrótermica (adaptado de DIN EN 15026: 2007 e Nascimento, 2016)

4. Resultados

4.1 Chuva dirigida

A partir da simulação obtiveram – se os valores para a chuva dirigida nas fachadas Norte, Sul, Leste e Oeste, apresentados na Figura 3.

Por meio dos aspectos analisados, verificou-se que os meses de janeiro a julho apresentaram a maior incidência de chuva, sendo que as fachadas Leste e Sul receberam as maiores influências, respectivamente. Observa-se também que o período seco ocorre entre os meses de agosto e dezembro.

A distribuição anual da chuva para cada orientação é de 47% (218,24 L/m²) para Leste, 35,58% (165,2 L/m²) para Sul, 9,16% (42,54 L/m²) para Oeste e 8,26% (38,34 L/m²) para Norte.

As orientações Leste e Sul são as que recebem maior incidência da chuva dirigida e ao longo do ano, estas fachadas são marcadas por variações relevantes da mesma. No primeiro semestre do ano são severamente atingidas pela chuva e no segundo são marcadas pela estiagem, que é característica da região Nordeste brasileira.

ISBN: 978-85-65425-32-2

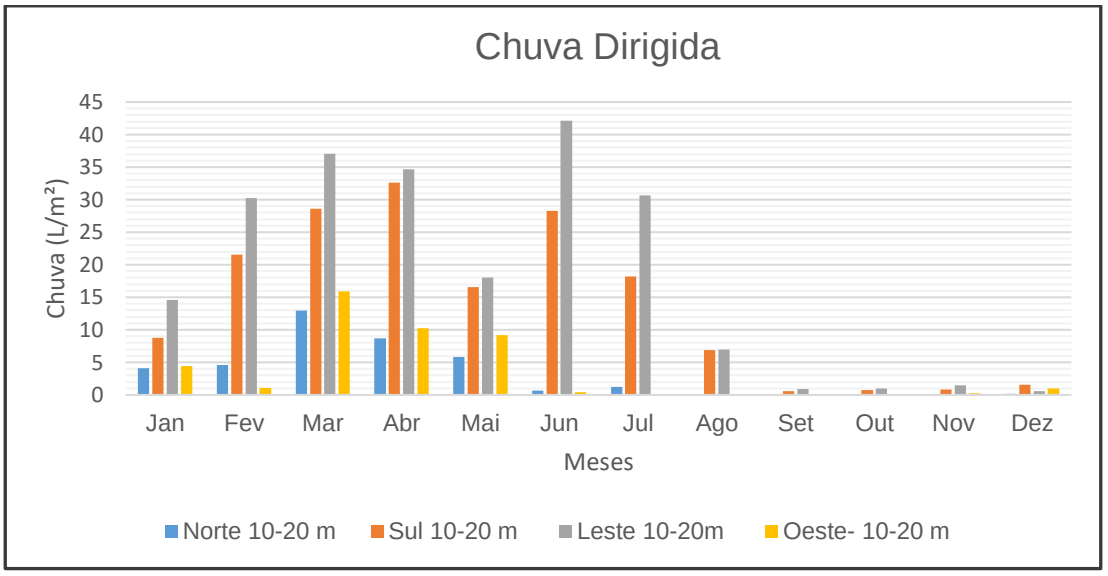
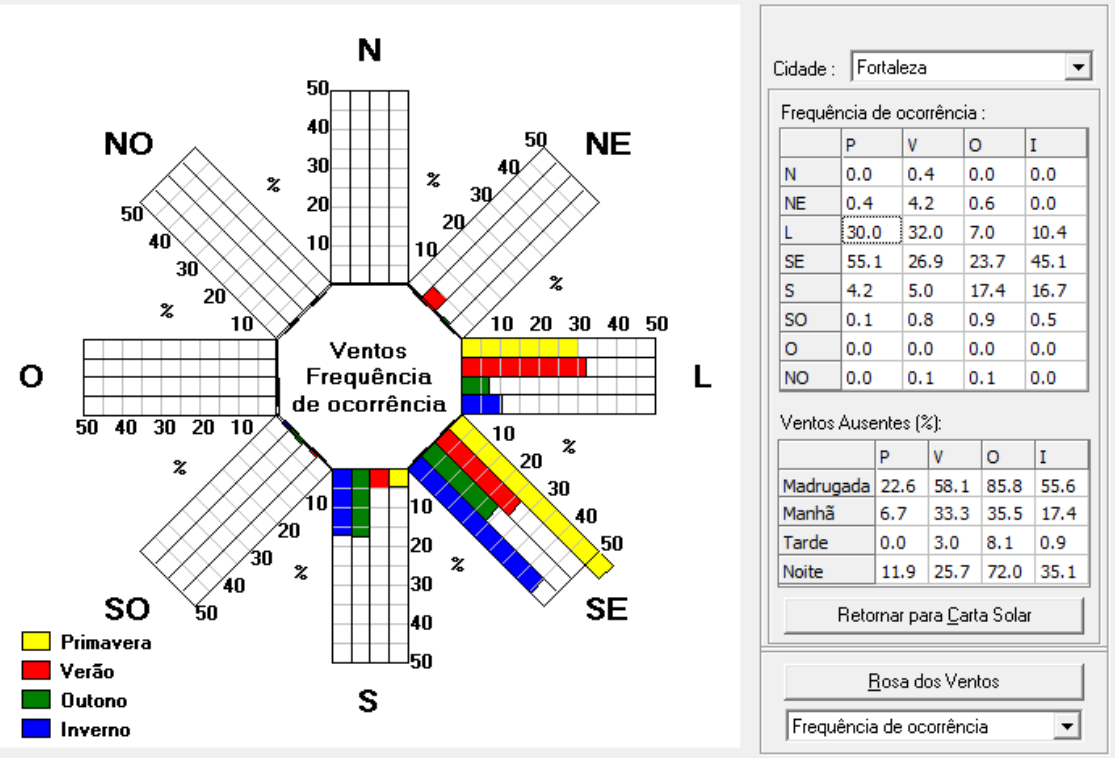


Figura 3 - Chuva dirigida mensal para altura de 10-20 metros (L/m²)

Estes dados são comprovados pelo *software* Analysis SOL-AR 6.2 desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. Este programa permite a aquisição da carta solar e rosa dos ventos para as latitudes especificadas e/ou cidades que se encontram cadastradas no banco de dados. Para a cidade de Fortaleza-CE a rosa dos ventos apresenta as orientações Sudeste, Leste e Sul com a maior predominância de ocorrência dos ventos, respectivamente, conforme ilustra a Figura 4.

Em concordância com os dados obtidos na simulação higrotérmica para a cidade em estudo, as fachadas Leste e Sul são as mais influenciadas pela ação da chuva dirigida. A precipitação por si só não causa impactos consideráveis nas fachadas, porém em conjunto com o vento, sua influência se torna relevante (PEREZ, 1986; BAUER, 1987). Aumentando desta forma, a probabilidade de ocorrência de manifestações patológicas nas mesmas, quando esta variável não é considerada ainda na etapa de projeto.

ISBN: 978-85-65425-32-2



	P	V	O	I
N	0.0	0.4	0.0	0.0
NE	0.4	4.2	0.6	0.0
L	30.0	32.0	7.0	10.4
SE	55.1	26.9	23.7	45.1
S	4.2	5.0	17.4	16.7
SO	0.1	0.8	0.9	0.5
O	0.0	0.0	0.0	0.0
NO	0.0	0.1	0.1	0.0

	P	V	O	I
Madrugada	22.6	58.1	85.8	55.6
Manhã	6.7	33.3	35.5	17.4
Tarde	0.0	3.0	8.1	0.9
Noite	11.9	25.7	72.0	35.1

Figura 4 – Rosa dos Ventos: Frequência de ocorrência para Fortaleza-CE (SOL-AR 6.2, 2016)

4.2 Radiação Global

Radiação global é o resultado das parcelas direta, difusa e refletida; que também pode ser representada na forma de irradiância, que consiste na taxa de radiação incidente em um corpo, por unidade de área da superfície. Utilizando os mesmos critérios de avaliação para chuva dirigida, quantificou-se a radiação incidente sobre as quatro fachadas, constatando-se que o período com maior influência da radiação foi o período determinado como seco, que ocorre entre agosto e dezembro (Figura 5).

O valor máximo de irradiância encontrado foi o referente a fachada Leste 3,19% (106922,27 W/m²) no mês de agosto. De acordo com o somatório anual sobre as fachadas, as mais expostas foram Leste (30%), Oeste (24,10%), Norte (23,38%) e Sul (22,52%); respectivamente (Figura 6).

ISBN: 978-85-65425-32-2

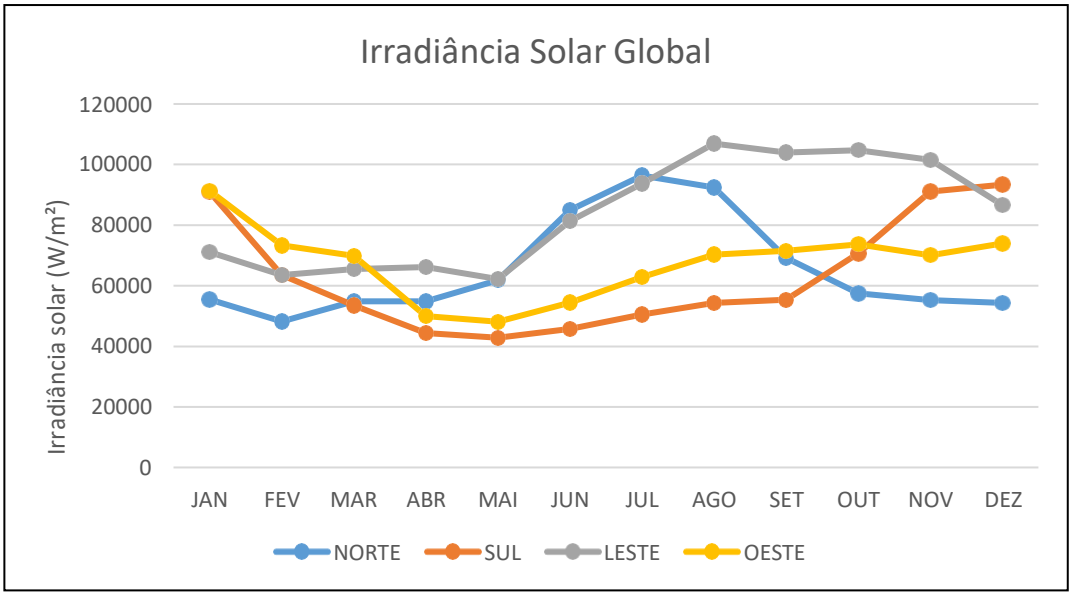


Figura 5 – Irradiância solar global para cada orientação da fachada

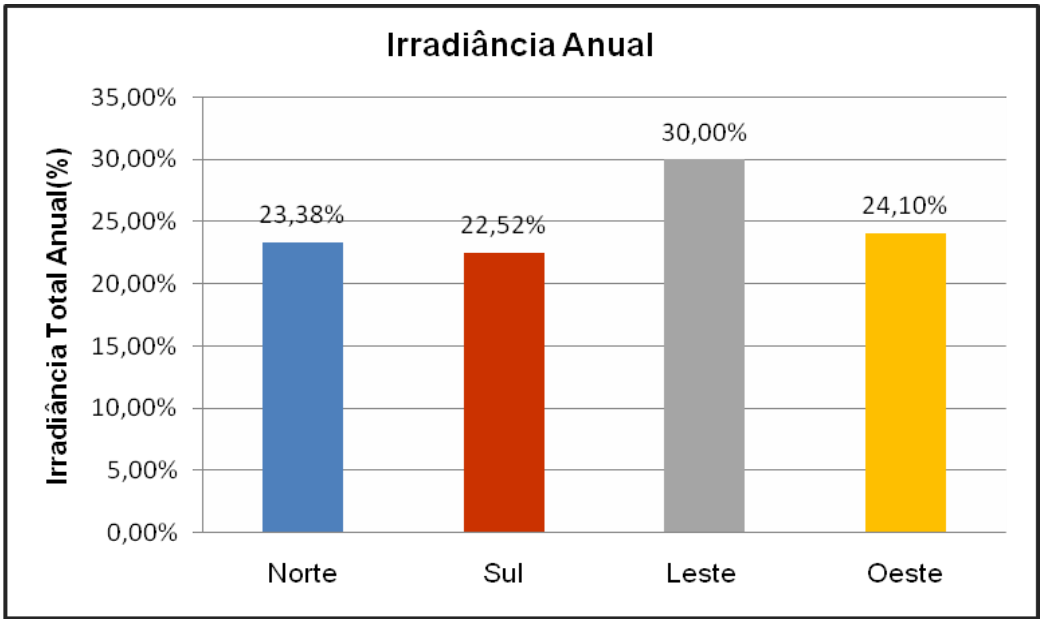


Figura 6 – Irradiância solar anual

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.3 Temperatura

A forma como a temperatura de monitoramento superficial exterior se comporta depende basicamente da irradiância solar total, da variação de temperatura atmosférica exterior, dos movimentos convectivos do ar e das propriedades higrotérmicas dos materiais (ZANONI, 2015).

Os gráficos de temperatura superficial externa foram confeccionados através da média dos valores referentes à diferença de temperatura máxima e mínima que ocorreram ao longo do ano.

Estes valores foram determinados de acordo com a diferença entre a maior e menor variação térmica ao longo do mês (ZANONI, 2015).

$$\Delta T = T_{máx}\ \text{diária} - T_{mín}\ \text{diária} \qquad \text{Equação (1)}$$

Onde: ΔT, é a amplitude térmica diária (°C); $Tmáx\ diária$ é a temperatura máxima ocorrida no dia analisado (°C) e $Tmín\ diária$ é a temperatura mínima diária ocorrida no dia analisado (°C).

Partindo desta premissa, constata-se por meio dos gráficos que as maiores médias anuais de amplitude térmica observadas para a absortância de 0,3 foram verificados nas fachadas Oeste (9,19°C) e Leste (8,74°C). Já as fachadas Norte e Sul apresentam menores diferenças de temperatura (8,2°C) e (7,55°C), respectivamente. Conforme ilustra a Figura 7.

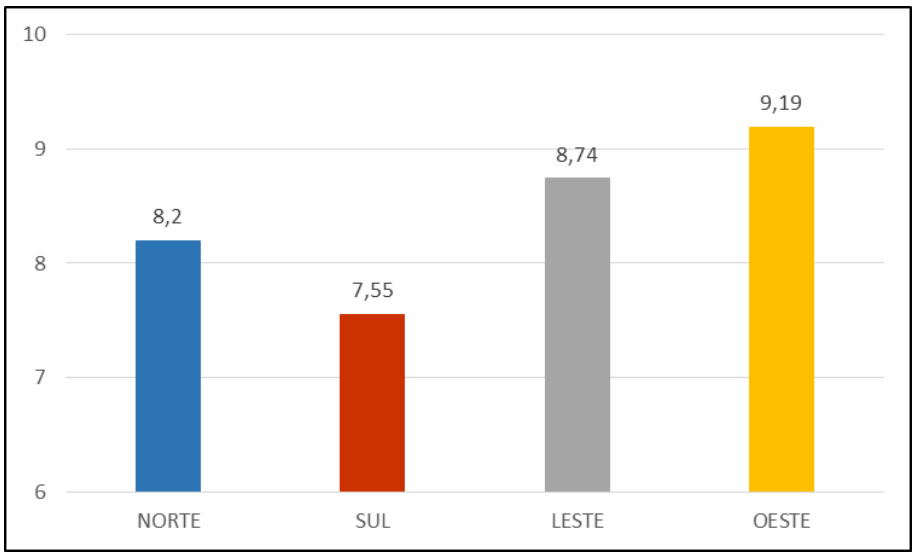


Figura 7 – Gráfico: ΔT- Absortância 0,3

ISBN: 978-85-65425-32-2

A absortância de 0,7 apresenta a mesma tendência de comportamento na análise dos resultados, uma vez que as fachadas que apresentam os maiores valores de amplitude ao longo do ano são a Leste (17,07°C), seguida da Oeste (16,29°C), sendo as amplitudes menores direcionadas para as fachadas Norte (13,8°C) e Sul (12,93°C) respectivamente, conforme o ilustrado na Figura 8.

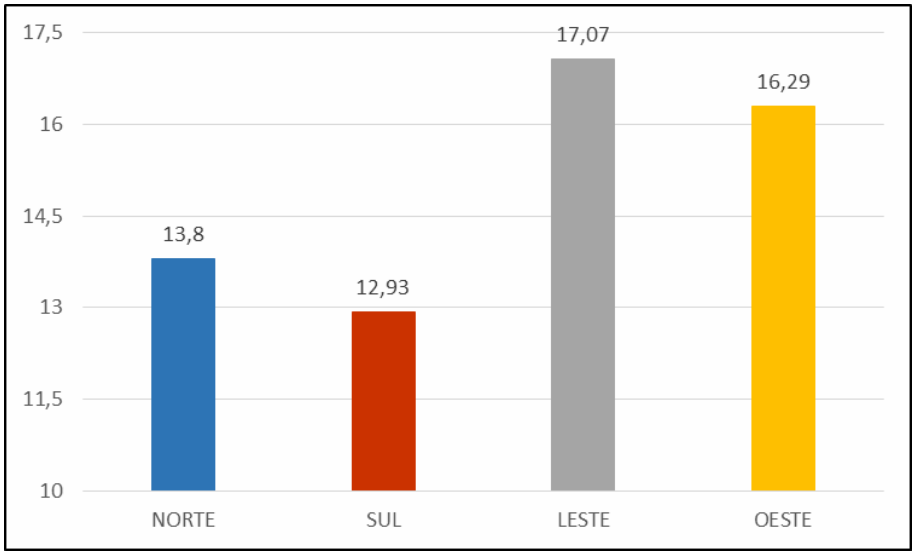


Figura 8 – Gráfico: ΔT- Absortância 0,7

Os histogramas das Figuras 9 e 10 indicam as ocorrências de ΔT para as quatro orientações em estudo. Em relação a orientação Leste, esta foi a que apresentou os resultados mais relevantes em relação à irradiância. No entanto, no tocante aos parâmetros de ΔT, verificou-se na mesma intervalos com número de ocorrências menores, porém com valores mais acentuados e distribuidos que os demais. A fachada Oeste seguida da Norte foram as que mais se destacaram, apresentado de forma pontual as maiores ocorrências.

A fachada Sul semelhantemente à Oeste, apresentou valores consideráveis de ΔT, mas ainda assim, os valores desta foram maiores. A Norte apresentou o mesmo perfil da Leste para o número de ocorrências, mas seu ΔT apresentou números inferiores, isto para absortância 0,3.

A mesma tendência de comportamento é observada para as orientações com valor de absortância 0,7, divergindo apenas quanto à fachada Norte que apresenta ocorrências elevadas de forma pontual.

Portanto, apesar da fachada Leste apresentar os valores mais significativos para a amplitude térmica, ela não é a que apresenta o maior número de ocorrências ao longo do ano. Nela foram registrados números elevados de amplitude, porém as fachadas que são mais influenciadas

ISBN: 978-85-65425-32-2

por este fenômeno em números de ocorrências e percentagem são Oeste (143; 39%), Sul (138; 38%), Norte (102; 28%) e Leste (85,23%), respectivamente, para absortância 0,3 e Oeste (146,40%), Norte (134,7%), Sul (129,35%) e Leste (78,21%) para absortância 0,7. Ressalta-se que para ambas as absortâncias, esses valores representam quantitativamente os acontecimentos de ΔT registrados durante o ano, conforme ilustra as imagens das Figuras 9 e 10.

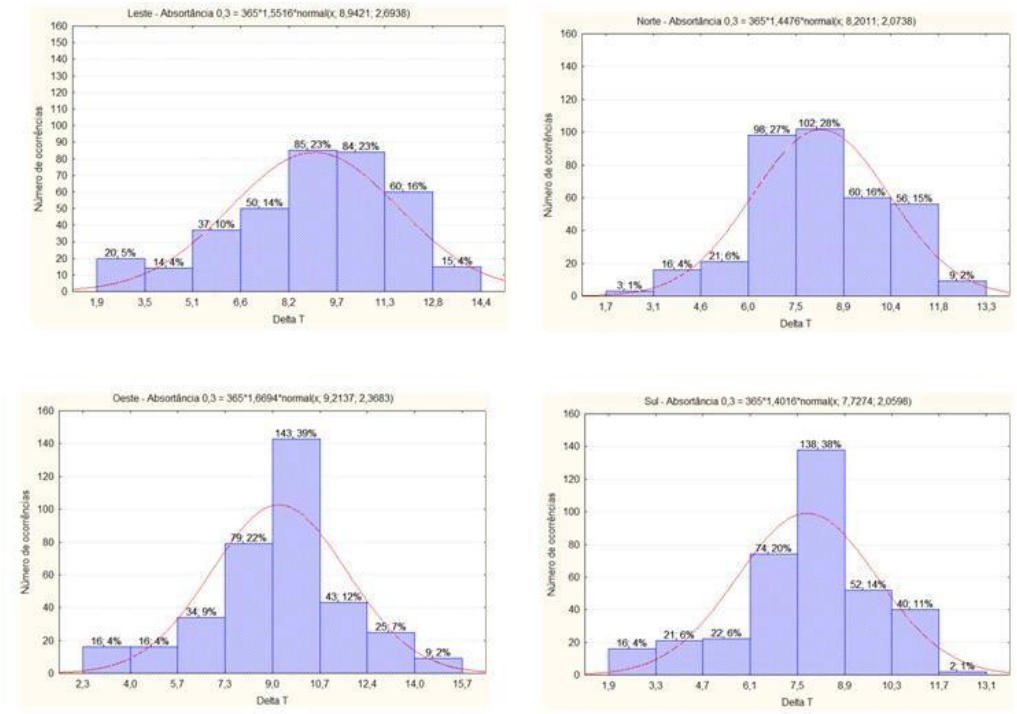


Figura 9 – Ocorrência de Delta T- Absortância 0,3

ISBN: 978-85-65425-32-2

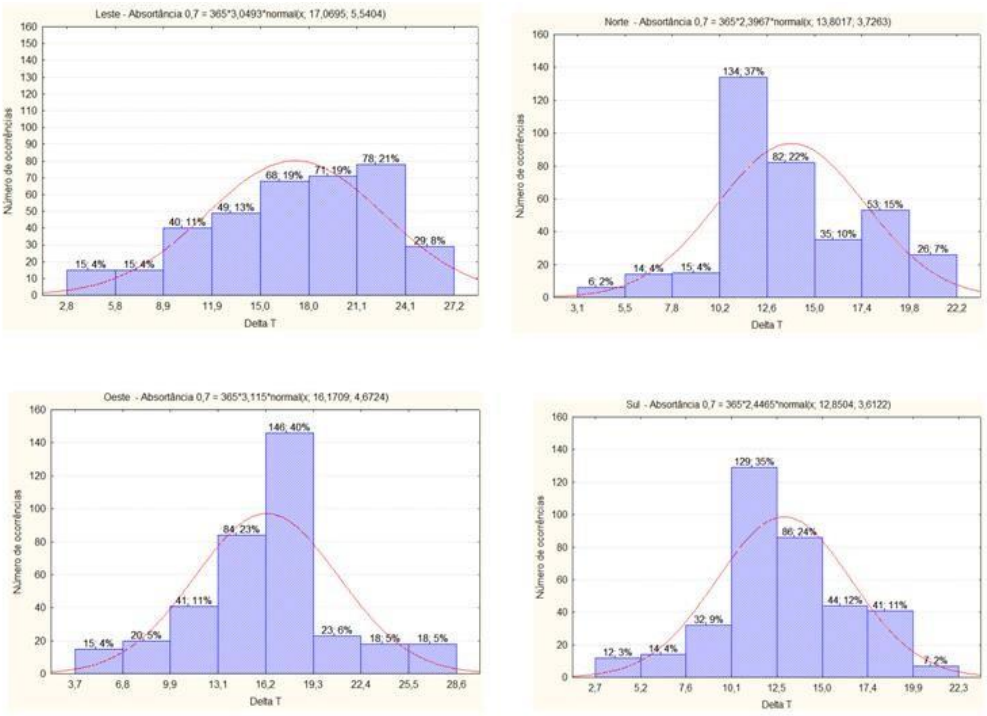


Figura 10 – Ocorrência Delta T- Absortância 0,7

A utilização do programa computacional SOL-AR 6.2 possibilitou a observação da carta solar para a cidade analisada bem como a representação da variação de temperatura, conforme o ilustrado pela Figura 9. A respectiva imagem comprova os resultados encontrados de amplitude térmica para todas as orientações da fachada. De acordo com o determinado pelas simulações higrotérmicas, observa-se que a fachada Leste e Oeste apresentam predominância da cor vermelha e amarela, apresentando os valores mais críticos de irradiância.

ISBN: 978-85-65425-32-2

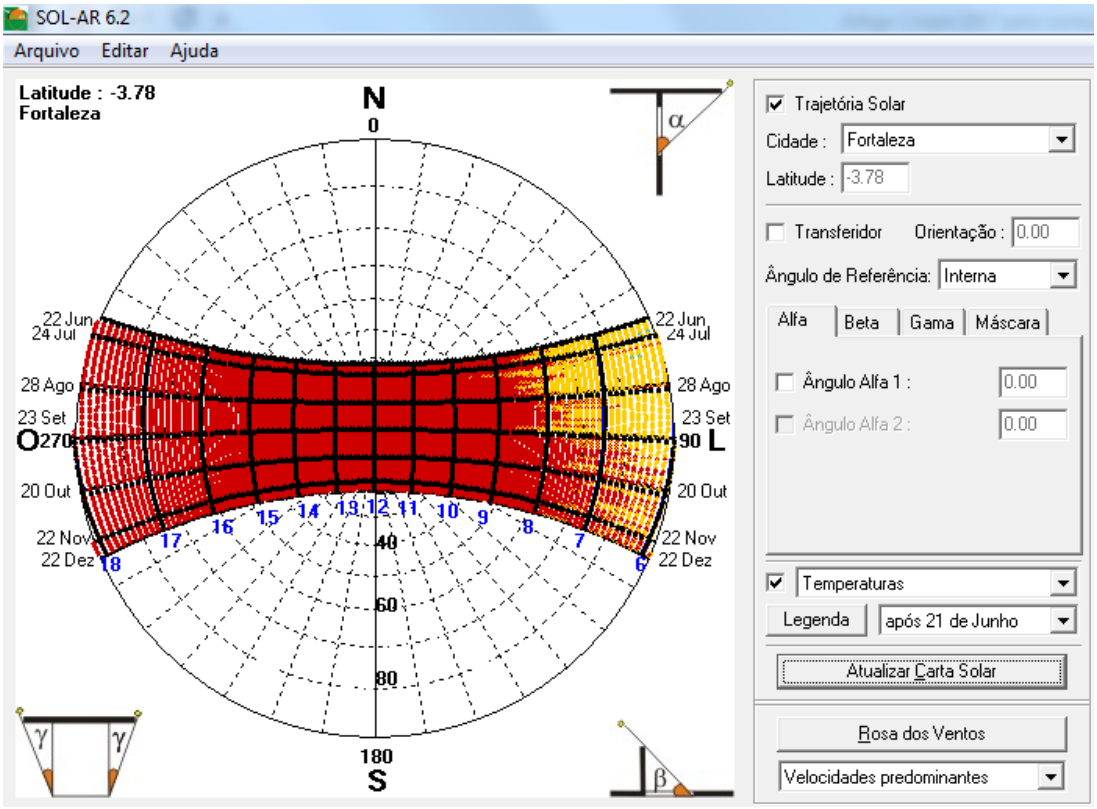


Figura 9 – Carta Solar: Temperaturas para Fortaleza-CE

Assim pela análise dos fatos mencionados, desprende-se que tanto o desempenho térmico das fachadas quanto a degradação das áreas mais expostas aos agentes climáticos, estão relacionadas diretamente com os resultados das movimentações cíclicas diárias de radiação, chuva dirigida e da variação de temperatura encontrados no decorrer deste trabalho.

5. Conclusões

O presente estudo permitiu obter às seguintes conclusões:

- Quantificar os valores de radiação para as fachadas e relacioná-los com os valores de absortância 0,3 e 0,7 para a argamassa de revestimento interno e externo, adotadas neste estudo;

- O valores quantitativos de chuva dirigida permitiram conhecer o período chuvoso e seco, sendo que o primeiro vai de janeiro a julho e o segundo de agosto a dezembro, respectivamente;

- Os valores mais relevantes de chuva dirigida foram para as orientações Leste e Sul, já para

ISBN: 978-85-65425-32-2

a irradiancia observou-se que as fachadas mais influenciadas foram Leste e Oeste;

- As fachadas que são mais influenciadas pelo fenômeno da amplitude térmica são Oeste, Leste, Norte e Sul, respectivamente, para absortância 0,3 e Oeste, Leste, Norte e Sul para absortância 0,7. Desta forma, nas orientações Leste e Oeste podem ocorrer maiores incidencias de anomalias relacionadas a variação térmica;

- A análise destes valores, permite prever o comportamento destas fachadas diante dos agentes climáticos de degradação e o surgimento de possíveis anomalias;

- Por fim, com o estudo feito é possível elaborar sistematicamente desde a etapa de projeto, um conjunto de medidas construtivas que possam atender as solicitações provindas do meio envolvente.

Agradecimentos

Ao Centro Universitário Euro Americano e a Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP- DF).

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15220-1. Desempenho Térmico de Edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. ABNT, 2005. 7 p.

_____. ABNT NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho. Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. ASTM – E 632-82: Standard Practice for Developing Accelerated Tests to aid Prediction of the Service Life of Building Components and Materials. Philadelphia, 1996.

_____. ISO 15686-1: Buildings and constructed assets-Service life planning-Part 1: General principles and framework. Rio de Janeiro, 2011.

BAUER, E. Resistência a Penetração da Chuva em Fachadas de Alvenaria de Materiais Cerâmicos – Uma Análise de Desempenho. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1987, 168p.

BAUER, E; SILVA, M.N.B.; ZANONI, V.A.G. Mensuração da degradação e vida útil em fachadas. In: XI SBTA – Simpósio Brasileiro de Tecnologia das Argamassas. Anais … ANTAC: Porto Alegre, 2015.

ISBN: 978-85-65425-32-2

BELISÁRIO, Waldir Santos Júnior. Desempenho, durabilidade, degradação e vida útil: aspectos técnicos no desenvolvimento do plano de manutenção de fachadas. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Publicação E.DM-022A/16, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016,101p.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG. DIN EN 15026 Hygrothermal performance of building components and building elements – Assessment of moisture transfer by numerical simulation. CEN, Brussels, Belgium, 2007.

FLORES-COLEN, I. Metodologia de avaliação do desempenho em serviço de fachadas rebocadas na óptica da manutenção predictiva. Tese (Doutorado). Engenharia Civil do Instituto Superior Técnico. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2009.

JORNE, F. Análise do comportamento higrotérmico da solução etics na óptica da identificação e reparação de anomalias. 4º Congresso Português de Argamassas e ETICS. Portugal, 2012.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.

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

NASCIMENTO, M.L.M.; SOUZA, J.S.; ZANONI, V.A.G.; BAUER, E. Parâmetros da incidência de chuva dirigida na fachada obtidos pela simulação higrotérmica. In: Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. Anais..., Belém, 2016.

PEREZ, A. R. Umidade nas Edificações. Dissertação de Mestrado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1986, 170 p.

RESENDE, M.M.; BARROS, M.M.S.B.; MEDEIROS, J.S. A influência da manutenção na durabilidade dos revestimentos de fachada de edifícios. Workshop sobre durabilidade das construções, São José dos Campos, São Paulo, 2002.

ISBN: 978-85-65425-32-2

SILVA, A.F.F.; BRITO, J.; GASPAR, P.L. Service life prediction model applied to natural stone wall claddings (directly adhered to the substrate). Construction and Building Materials, v. 25, n. 9, p. 3674–3684, 2001.

SOL-AR 6.2. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, Brasil, 2016.

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

WUFI Pro 6.1. IBP - Fraunhofer Institute for Building Physics. Holzkirchen, Germany, 2013.

ZANONI, V.A.G. (2015). Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento higrotérmico de fachadas em Brasília. Tese de Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, Brasília, DF, 293 p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

INSPEÇÃO PRELIMINAR E MONITORAMENTO DE EDIFICAÇÃO EM CONCRETO ARMADO: ESTUDO DE CASO EM BRASÍLIA.

Preliminary Inspection and Monitoring of a Concrete Building: Case Study in Brasília.

Jocinez Nogueira LIMA[1], **Matheus Nunes** REIS[2], **Thiago Araujo** MACEDO[3]
[1] Centro Universitário de Brasília, DF, Brasil, Jocinez.lima@uniceub.br
[2] Centro Universitário de Brasília, DF, Brasil, matheusnreis95@gmail.com
[3] Universidade de Brasília, DF, Brasil, thiagoaramac@gmail.com

Resumo: No presente trabalho foi realizada uma análise estrutural da edificação localizada na SEPN 507, bloco do Banco de Brasília – BRB no pavimento térreo, e agência do Departamento de Trânsito do Distrito Federal – Detran DF no pavimento superior, em função de um laudo fornecido pela FOX Engenharia solicitando a evacuação de prédio devido ao surgimento de trincas e fissuras originadas próximo ao local do cofre do estabelecimento. O laudo fornecido pela FOX Engenharia foi apresentado após o surgimento das fissuras e trincas causando preocupação do gerente com relação a segurança de todos os funcionários e clientes do banco que frequentam o local durante o horário de expediente. Esta avaliação consistiu na realização de inspeção visual, coleta de informações com funcionários da agência, registros fotográficos, análise de documentação e projeto para elaboração do estudo em função do diagnóstico, procedendo-se com a classificação da análise de risco das patologias identificadas. Por fim, foram sugeridas novas análises necessárias para melhor entendimento caso os elementos afetados continuassem a piorar, assim como medidas corretivas.

Palavras-chave: Inspeção, Monitoramento, Análise Estrutural, Concreto Armado

Abstract: In the present work a structural analysis of the building located in the SEPN 507, block of the Bank of Brasilia - BRB in the ground floor, and agency of the Department of Traffic of the Federal District - Detran DF in the upper floor was performed, based on an award provided by FOX Engineering requesting the evacuation of building due to the appearance of cracks and fissures originating near the site of the establishment's safe. The report provided by FOX Engenharia was presented after the appearance of fissures and cracks causing concern of the manager regarding the safety of all employees and clients of the bank who frequent the place during office hours. This evaluation consisted in the accomplishment of visual inspection, information collection with agency employees, photographic records, analysis of documentation and project to elaborate the study in function of the diagnosis, proceeding with the classification of the risk analysis of the pathologies identified. Finally, new

ISBN: 978-85-65425-32-2

analyzes were suggested for a better understanding if the affected elements continued to worsen, as well as corrective measures.

Keywords: Inspection, Monitoring, Structural Analysis, Reinforced Concrete

1. Introdução

Tomar nota das condições estruturais de uma edificação é imprescindível na prevenção de acidentes e de maiores danos, sendo que podem levar parte ou conjunto de elementos à instabilidade e até possível ruptura. O caso recorrente do surgimento de sinais que indicam insuficiência daresistência numa estrutura pré-existente traz preocupações aos seus usuários.

A edificação estudada do Banco de Brasília - BRB é mais um exemplo que mostra a importância da inspeção, análise e monitoramento na conclusão sobre a concepção estrutural. Segundo Helene (1988) é possível avaliar sem dificuldades as manifestações patológicas devido ao maior conhecimento de mecanismos agressivos aos materiais e à tecnologia desenvolvida. Toda edificação necessita de manutenção para garantir o seu desempenho e vida útil.

O Código Modelo MC-90 (CEB-FIP, 1991) determina que as edificações de concreto devem ser formadas de tal modo que não necessitem de altos custos para seu restabelecimeto e reparo, o que muitas vezes não ocorre. É natural o desgaste dos materiais constituintes, especialmente em construções mal executadas. Apesar disso, a deterioração não é o problema em si, mas sim a maneira e o grau em que este se degrada (ROSTAM, 1991). Sendo assim, encontra-se a importância do estudo das patologias nas construções.

2. Descrição da Edificação

A edificação em estudo está localizada no endereço: SEPN Quadra 507, Bloco D, Lote 04, Asa Norte. Sob as coordenadas 15º45'60"S 47º53'23"O. (Figura 01). A Agência do Banco de Brasília se encontra em um edifício comercial destinado a pontos comerciais do Governo do Distrito Federal – GDF.

A edificação foi executada em estrutura de concreto armado construída em cima de um talude com fundação tipo tubulão. Sua concepção contém dois pavimentos, sendo o térreo destinado a Agência do Banco de Brasília – BRB, e o pavimento superior para o Departamento de Trânsito do Distrito Federal – Detran. A figura 02 mostra a fachada frontal. Fachadas Leste e Oeste são feitas com revestimento gail (figura 03) e os revestimentos da Fachadas Norte e Sul são feitas em granito (figura (04).

ISBN: 978-85-65425-32-2

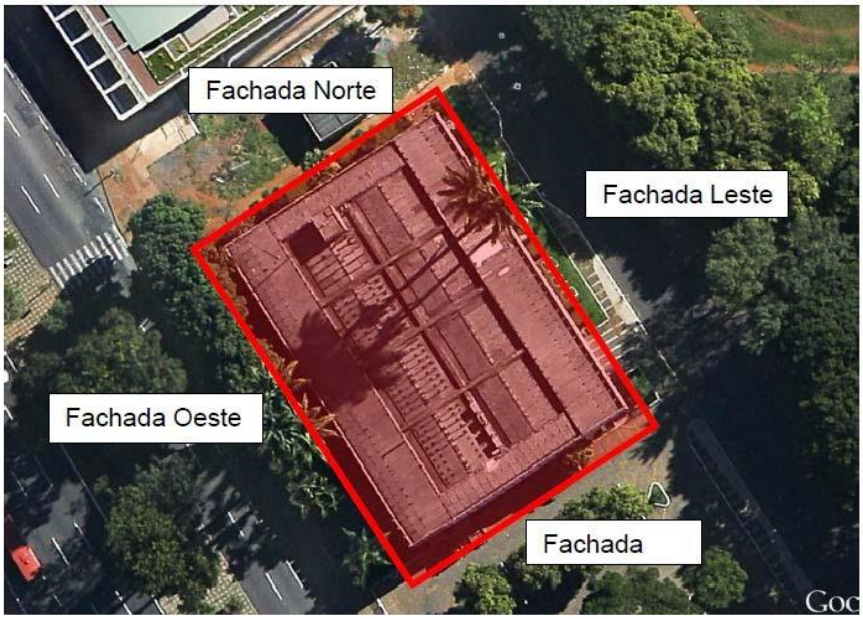


Figura 01 –Imagem coma localização da agência do banco de Brasília (Google Earth 2016).

(Fonte: autores)

Figura 02 –Fachada frontal da Agência do Banco do Brasil. (Fonte: autores)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 03 –Revestimento gail nas fachadas leste (esquerda) e oeste (direita). (Fonte: autores)

Figura 04 –Revestimento em granito nas fachadas norte (esquerda) e sul (direita).

(Fonte: autores)

ISBN: 978-85-65425-32-2

A edificação foi construída sobre um plator conforme apresentado nas Figuras 05 e 06.

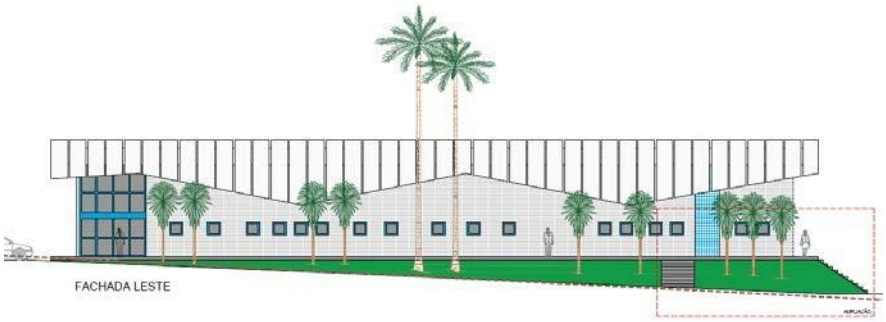


Figura 05 –Croqui da fachada leste. (Fonte: Autores)

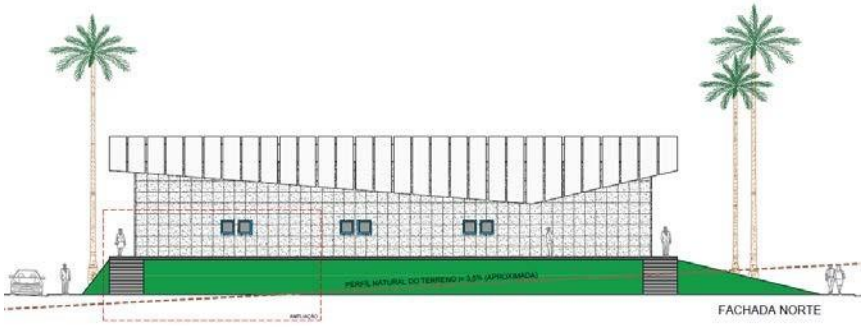


Figura 06 –Croqui da fachada norte. (Fonte: Autores)

3. Inspeções e Monitoramentos

Vale ressaltar que se buscou levantar *in loco* a definição das características gerais e específicas da edificação. Nesta etapa, as manifestações patológicas foram identificadas,

ISBN: 978-85-65425-32-2

principalmente, através de inspeções visuais, coletas de registros fotográficos e registros com câmera termográfica.

Primeiramente foi realizada uma inspeção preliminar com registros fotográficos e verificação de possíveis manifestações patológicas. Em seguida foram realizados registros fotográficos dos fenômenos patológicos encontrados no local e o início do procedimento de colmatação para monitoramentos

Além da análise visual, alguns equipamentos foram utilizados para auxiliar nestas inspeções, são eles: câmera fotográfica semiprofissional, câmera termográfica e fissurômetro. De modo geral a edificação encontra-se em estado satisfatório de conservação, apresentando apenas algumas manifestações patológicas. As principais manifestações patológicas encontradas nas dependências das edificações foram sinais de infiltrações, trincas/fissuras, recalque e deformação estrutural.

4. Manifestações Patológicas

A edificação se encontra com alguns pontos de infiltração no pavimento superior onde se localiza o Detran – DF, como ilustrado nas Figuras 07 e 08.

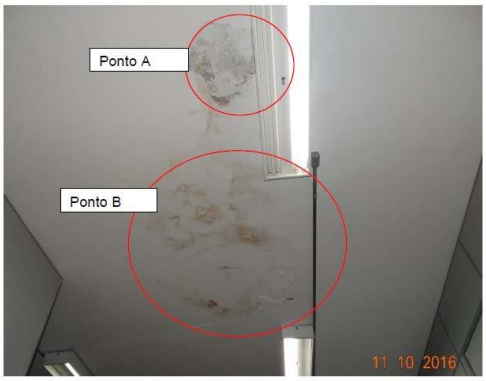


Figura 07 –Ponto de infiltração na laje de cobertura docorredor do Detran. (Fonte: autores)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 08 –Detalhes A (esquerda) e B (direita) da figura 07. (Fonte: autores)

As causas de infiltração são variadas, ocorre quando a água atravessa uma barreira protetora chegando ao interior da edificação e prejudicando os materiais constituintes.

As telhas do edifício são antigas onde há pontos de tamponamento na fixação dos parafusos, como ilustram as Figura 09, e visualmente não é possível identificar microfissuras, rachaduras ou trincas na cobertura.

Figura 09 –Telhas localizadas na cobertura do edifício da Agência. (Fonte: autores)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 10 –Ductos de água sem ralo abacaxi. (Fonte: autores)

Pôde-se observar durante a inspeção que não há existência de ralo abacaxi nos dutos de água, como ilustrado na Figura 10. Esse ralo é utilizado para reter materiais sólidos e impedir que ocorram entupimentos das tubulações de águas pluviais.

De acordo com oitivas dos funcionários da Agência do Detran, em dias de precipitações o ponto ilustrado na Figura 07 chega a despejar quantidade significativa de água sobre a escada de entrada do local.

A partir das informações coletadas e registradas, supõe-se que algumas telhas podem estar deixando a água passar para a parte da laje que não é impermeabilizada, causando a infiltração.

Na edificação onde se localiza a Agência do BRB, foi possível classificar as aberturas em trincas e rachaduras por meio da utilização de fissurômetro. Uma abertura na horizontal localizada em um ponto da alvenaria externa da sala do cofre, ilustrada na Figura 11, é classificada como rachadura, pois tem espessura de 2,5 mm.

Esta tipologia de trinca/rachadura é proveniente da movimentação estrutural que ocorreu na edificação e por ser dois materiais distintos, no caso alvenaria de vedação na parte inferior e concreto armado na parte superior.

ISBN: 978-85-65425-32-2

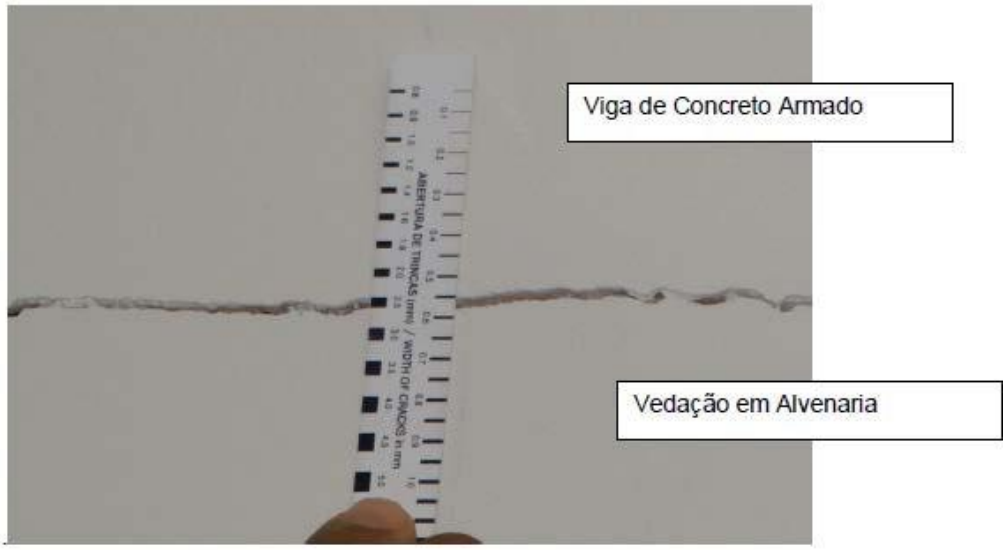


Figura 11 –Rachadura na parede externa da sala do cofre. (Fonte: autores)

Em outro ponto da vedação externa da sala do cofre, encontra-se uma trinca na diagonal, com espessuras que variam de 1,0 mm a 1,4 mm. A sala do cofre encontra-se dentro de um ambiente e contém uma porta de ferro protegida por um sistema de segurança com alarme. Acima da porta há uma rachadura dos dois lados da alvenaria. No lado externo à sala na alvenaria superior a porta de entrada há uma rachadura de 1,6 mm de espessura, ilustrada na Figura 12.

Figura 12 – Alvenaria externa acima da porta de segurança da sala do cofre. (Fonte: autores)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Durante a vistoria, foi observado que não há presença de verga na porta que dá acesso à sala do cofre conforme a Figura 13, que pode ter contribuído para o surgimento da trinca neste local. A partir de oitivas dos funcionários houve um episódio em que a porta ficou presa e houve a necessidade de corte e posteriormente solda da extremidade superior esquerda da porta.

Figura 13 –Porta de entrada ao cofre sem verga. (Fonte: autores)

As aberturas identificadas precisaram ser monitoradas durante a fase de elaboração do estudo para verificar se elas são ativas, ou seja, se há variação da abertura em função de movimentações da estrutura.

Para essa verificação foi utilizado o método de colmatação, que consiste no preenchimento dos espaços abertos com argamassa de gesso. Caso ocorra movimentação da estrutura, trincas surgirão nos locais onde o gesso foi aplicado. Esse processo foi acompanhado por 7 (sete) dias pela urgência da necessidade de restituição das utilizações do local. Entretanto esse intervalo de monitoramento é considerado pequeno para se fazer uma análise estrutural com resultados de precisão.

Foi feita a primeira inspeção preliminar com registros fotográficos das Figuras anteriores que ilustram algumas das aberturas encontradas no local. Após a verificação das aberturas, foi iniciado o processo de colmatação aplicando argamassa de gesso em todas as paredes com trincas e rachaduras, procedimento ilustrado na Figura 14.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 14 –Trinca em alvenaria da edificação. (Fonte: autores)

Foi realizado o acompanhamento para verificar as aberturas cobertas de argamassa de gesso. Como ilustrado das Figuras 15 a 19, pode-se perceber que não houve trincas na argamassa de gesso e consequentemente a estrutura não se movimentou.

Figura 15 – Monitoramento da rachadura na parede externa do cofre, aparentemente não ativa.

(Fonte: autores)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 16 – Monitoramento da trinca na parede externa do cofre, aparentemente não ativa.

(Fonte: autores)

Figura 17 – Monitoramento da rachadura na alvenaria externa acima da porta de acesso do cofre, aparentemente não ativa. (Fonte: autores)

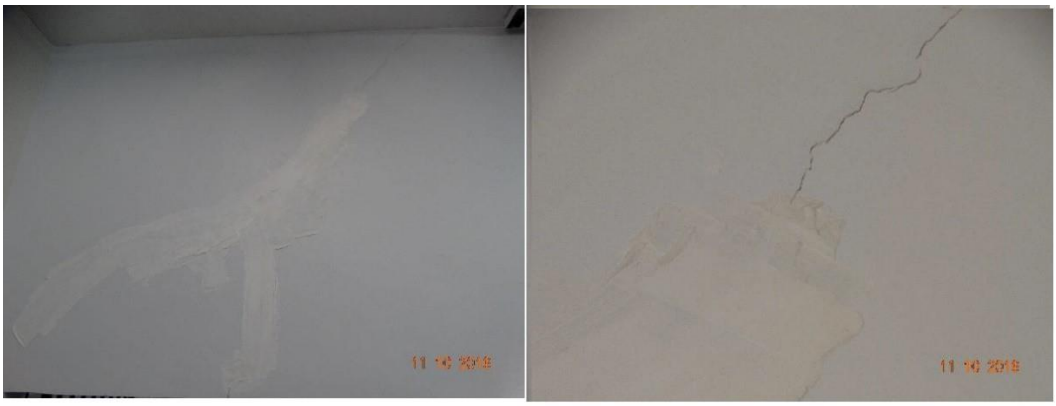


Figura 18 – Monitoramento da trinca na alvenaria interna acima da porta de acesso do cofre, aparentemente não ativa. (Fonte: autores)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 19 –Monitoramento da rachadura na alvenaria interna no canto esquerdo da sala do cofre, aparentemente não ativa. (Fonte: autores)

Constatou-se que a edificação foi construída sobre um aterro conforme apresentado na Figuras 20 e 21. Este aterro pode ter sofrido deformação do maciço que pode ter contribuído para a deformação estrutural e ter originado as fissuras e trincas iniciais.

Durante a inspeção foi observado que existem falhas na parte inferior das calçadas externas, principalmente ao lado esquerdo na Fachada Norte, comentado anteriormente, justamente onde há o maior aterro, conforme ilustrado na Figura 22. Pode se observar que há um espaço vazio entre o terreno, considerado aterro, e a laje de concreto por uma acomodação do solo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

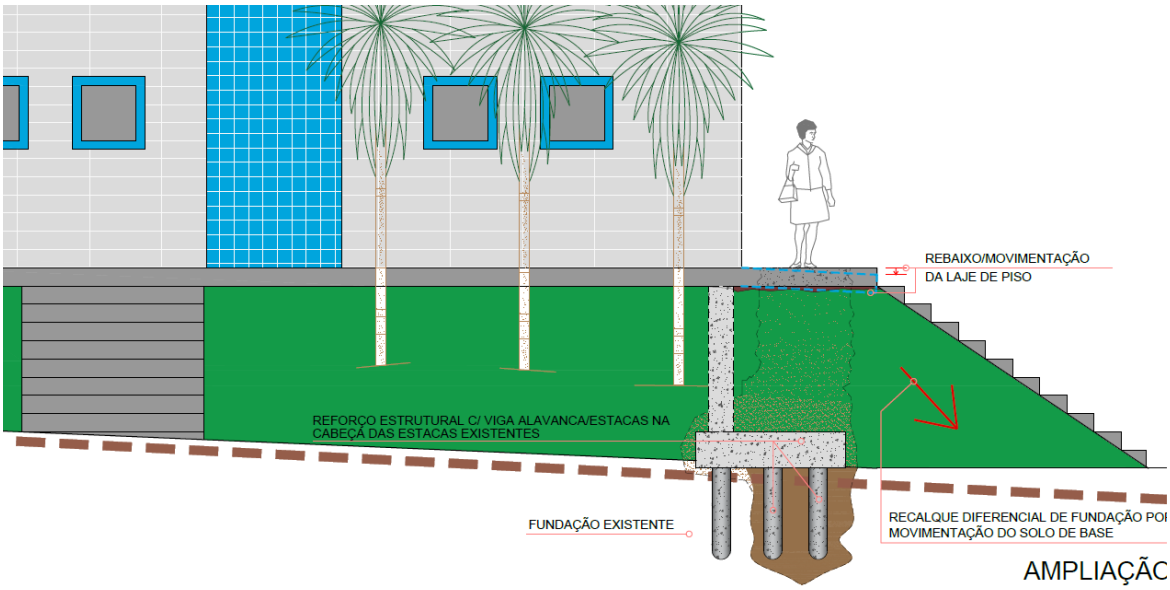


Figura 20 –Croqui esquemático da edificação sobre aterro. (Fonte: TECNOPLAN)

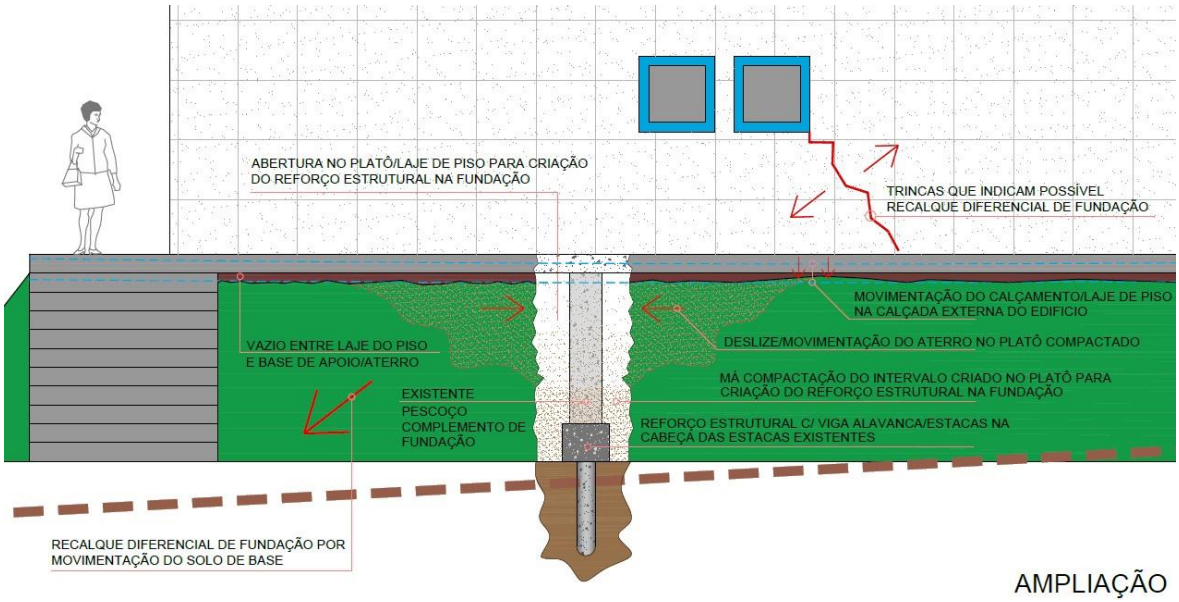


Figura 21 –Croqui esquemático da viga alavanca executada como reforço. (Fonte: TECNOPLAN)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 22 –Falha na parte interior da calçada externa na fachada norte. (Fonte: autores)

Foi observado também que quando houve a movimentação dessa laje, considerada calçada, surgiram aberturas entre o piso e a parede, Figuras 23 e 24.

Figura 23 –Abertura entre piso e parede. (Fonte: autores)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 24 –Abertura de 3 (três) cm entre piso e parede. (Fonte: autores)

Justamente nessa região pode estar ocorrendo infiltração durante chuvas, limpezas, ou qualquer outro evento que utilize água, perto dessa superfície, pois essa é uma passagem para água que resultará em um rebaixamento cada vez maior ocasionando uma maior movimentação mesmo ocorrendo embaixo da viga baldrame.

Segundo oitivas dos funcionários do banco, durante a colocação de um cofre foi criada uma viga alavanca, demonstrada na Figura 25.

Figura 25 –Croqui da área da sala do cofre onde há reforço estrutural. (Fonte: TECNOPLAN)

Verificando os espaços vazios criados por uma acomodação do solo, foi realizado um registro fotográfico da parte interna através de uma micro câmera conforme Figura 26.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 26 – Parte interna abaixo da calçada com espaços vazios devido a movimentação do solo. (Fonte: autores)

As imagens acima não ficarão tão nítidas, porém pode se observar que existe um espaço oco entre o piso e o terreno natural.

As causas do recalque do solo do edifício da Agência do BRB podem ter sido originadas a partir das deformação do solo, má compactação e umidade excessiva que carreou o solo e fez com que a estrutura trabalhasse originando a abertura das fissuras/trincas e rachaduras na alvenaria.

5. Análise e Recomendações

Após a execução do monitoramento das aberturas, e coleta de informações, observou-se que as aberturas que surgiram são classificadas em trincas e rachaduras, pois suas espessuras variam de 1,0 mm a 2,5 mm.

As trincas e rachaduras que surgiram devido a movimentação da camada suporte da estrutura, no caso o solo, pode ter resultado em alguma acomodação nas fundações provocando a deformação estrutural e o surgimento de fissuras/trincas/rachaduras. O solo do local é colapsível e em consequência as aberturas que surgiram na calçada causaram infiltração e consequentemente mais deformação do solo fazendo a estrutura ter pequenas movimentações que não abalam a estabilidade estrutural, porém resultam no aparecimento de fissuras nas alvenarias e revestimentos.

Essas deformações estruturais são aceitáveis sem causar risco de colapso estrutural. Entretanto, as mesmas acrescidas deflechas em lajes podem causar aberturas nos revestimentos de alvenaria.

As patologias encontradas foram classificadas, em geral, como regulares, significando que podem provocar a perda de funcionalidade sem prejuízo à operação direta de sistemas, perda pontual de desempenho (possibilidade de recuperação), deterioração precoce e pequena desvalorização.

Não havendo alargamento das aberturas e inexistência de novas fissuras, sugere-se a execução de manutenções corretivas com as seguintes etapas: corte de 10 cm de largura dos dois lados da fissura em toda a sua extensão, colocação de barras de aço

ISBN: 978-85-65425-32-2

em forma de Z, limpeza da abertura, cobrimento da abertura com argamassa, aplicação de tela para evitar fissuras por retração dos materiais, acabamento realizado de acordo com o padrão existente seguido da aplicação da pintura do cliente.

Caso as espessuras das aberturas prolonguem ou surjam novas fissuras, devem ser feitos novamente monitoramento com placa de vidro ou argamassa de gesso (processo de colmatação).

Na hipótese do aumento das espessuras das fissuras/trinca e rachaduras, se prolongarem ou ocorra o surgimento de novas, um novo estudo deve ser realizado a partir de um monitoramento com dados reais de medições após realização de alguns ensaios, tais como esclerometria, ultrassonografia, pacometria, monitoramento de recalque e extração de corpo de prova. Na pior hipótese, deve se prosseguir para a realização de uma prova de carga.

Como o aparecimento de trincas e rachaduras é ocasionada pela deformação estrutural recorrente de uma movimentação do solo, sugere-se que se faça um monitoramento de possível recalque através de benchemarking.

6. Conclusões

A edificação analisada que serviu de base para estudo apresenta manifestações patológicas tipo fissura/trinca e rachadura ocasionadas por movimentação estrutural provenientes de possíveis movimentações por acomodação das camadas do solo suporte da edificação.

Porém, estes acontecimentos não são preocupantes, de forma que sejam monitorados frequentemente durante no mínimo 6 (seis) meses a 1 (um) ano com emissão de relatórios técnicos de acompanhamento por um profissional legalmente habilitado mensalmente.

Após análise, verificação de campo e monitoramento através da colmatação, que não houve prolongamento da abertura das fissuras/trincas e rachaduras, pode se concluir que após 7 (sete) dias de monitoramento a edificação está com estabilidade estrutural. Desta forma, a edificação pode voltar a ser utilizada para os fins os quais já era destinada, agência bancária.

Diante do apresentado neste estudo de caso fica evidente a importância de estudos preliminares das condições estruturais. O Intuito destes é evitar maiores danos ou até mesmo acidentes devido à má utilização de edificações, a não evacuação no momento devido ou a falta de manutenção preventiva para garantir melhor desempenho.

Referências Bibliográficas

Castro, E.K.; 1994. Desenvolvimento de Metodologia para Manutenção de Estruturas de Concreto Armado. Dissertação de Mestrado, Publicação Nº: E.DM-004A/94, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 129 p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

CEB (1991)," CEB - FIP Model Code 90 (MC - 90) - Final Draft", Bulletin d'Information No. 203. Julho, 1991.

HELENE, P. R. L. Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto. 1.Ed. São Paulo, Pini, 1988.

ROSTAM, S. (1991)." Durability of concrete structures - The CEB - FIP approach", Colloquium on the CEB-FIP MC-90, Rio de Janeiro, RJ, pp 369-429, Agosto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

INSPEÇÃO E DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DO ESTADO DE CONSERVAÇÃO DOS TÚNEIS URBANOS DA CIDADE DO RECIFE: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Preliminary Inspection And Diagnosis Of The State Of Conservation Of The Urban Tunnels From The City Of Recife: Analysis Of The Evolution Of Pathological

Ramon Duque Ferraz BURGOS[1], Eduardo José Melo LINS[2], Eliana Cristina Barreto MONTEIRO[3]

[1] Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife-PE, Brasil, rramonduque@gmail.com

[2] Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife-PE, Brasil, eduardojmlins@hotmail.com

[3] Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife-PE, Brasil e Universidade Católica de Pernambuco, Recife-PE, Brasil, eliana@poli.br

Resumo: No Brasil não existe uma Norma específica para a inspeção de túneis urbanos e a cultura da manutenção preventiva das mesmas não é adotada da forma devida. Na cidade pernambucana do Recife não é diferente, dos cinco túneis existentes, todos apresentam sinais de deterioração e suas condições atuais preocupam os usuários. A Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) não tem realizado manutenções preventivas nas estruturas e a degradação se agrava com o passar dos anos, além do que, o Recife se encontra numa zona costeira com o ambiente bastante agressivo, o que deveria intensificar os cuidados com as estruturas, dentre elas as dos túneis urbanos. Visando contribuir para a conscientização da importância da manutenção preventiva das estruturas dos túneis urbanos do Recife, foram realizadas inspeções visuais nas mesmas para análise das condições de uso, identificação das manifestações patológicas e compreensão dos mecanismos que lhes deram causa. Com os dados obtidos foram produzidos os diagnósticos preliminares para cada um dos cinco túneis. Os estudos desenvolvidos consistem numa atualização ampliada daqueles desenvolvidos por Da Fonte e Vitório em 2011, visto que naquele estudo foram analisados três túneis urbanos e neste estão sendo analisados cinco, tendo em vista a inclusão do Túnel da Abolição e Túnel Felipe Camarão, inexistente no primeiro momento. Fica clara a evolução das manifestações patológicas nos três túneis estudados em 2011. Já os dois túneis recentemente construídos apresentam degradação acelerada e prematura em boa parte da estrutura. Medidas corretivas são necessárias em curto prazo, as quais são de responsabilidade do poder público, caso contrário em pouco tempo poder-se-á ter o estado limite último da estrutura, a partir do qual a mesma deixará de atender a finalidade para qual foi concebida, podendo desta maneira causar risco à integridade física dos cidadãos que as utilizam.

Palavras-chave: Túneis; Manifestações Patológicas; Concreto; Durabilidade; Recife.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Abstract: In Brazil there is no specific standard for the inspection of urban tunnels and the culture of preventive maintenance of them is not adopted in due form. In the Recife city of Pernambuco there is no different, of the five existing tunnels, all show signs of deterioration and their current conditions worry users. The Prefeitura da Cidade do Recife (PCR) has not carried out preventive maintenance in the structures and the degradation worsens with the passage of the years, in addition, that the Recife is in a coastal zone with the very aggressive environment, which should intensify the care with structures, including those of urban tunnels. Aiming to contribute to the awareness of the importance of preventive maintenance of the structures of the urban tunnels of Recife, visual inspections were carried out in them to analyze the conditions of use, identification of the pathological manifestations and understanding of the mechanisms that caused them. With the obtained data the preliminary diagnoses for each of the five tunnels were produced. The studies developed consist of an extended update of those developed by Da Fonte and Vitório in 2011, since in that study three urban tunnels were analyzed and five are being analyzed, in view of the inclusion of the Abolição Tunnel and Felipe Camarão Tunnel, which did not exist in the first time. It is clear the evolution of the pathological manifestations in the three tunnels studied in 2011. The two recently constructed tunnels have accelerated and premature degradation in much of the structure. Corrective measures are necessary in the short term, which are the responsibility of the public power, otherwise in a short time the final state of the structure can be reached, from which it will no longer serve the purpose for which it was conceived , And may in this way cause a risk to the physical integrity of the citizens who use them.

Keywords: Tunnels; Pathological Manifestations; Concrete; Durability; Recife.

1. Introdução

Túnel é definido como uma passagem subterrânea que pode, ou não, ter sido moldado pela ação humana. Quando inserido em um sistema de transporte, o túnel atrai boa parte do tráfego e integra o percurso diário da população. As condições de utilização das estruturas garantem a segurança dos motoristas e pedestres, evitando desconfortos e acidentes. Na Cidade do Recife existem cinco túneis urbanos que integram o sistema viário da capital pernambucana, são eles o Túnel Prefeito Augusto Lucena, Túnel Chico Science, Túnel Josué de Castro, Túnel Felipe Camarão e o Túnel da Abolição. Eles são túneis de pequena extensão, sendo a marginal direita do Túnel Prefeito Augusto Lucena o mais extenso com 315 m ou 1.033 pés e o de menor extensão o Chico Science com 93 m ou 305 pés. A extensão total dos túneis urbanos existentes no Recife corresponde a 1.456 m ou 4.777 pés.

Até o ano de 2011 existiam três túneis na cidade do Recife. O primeiro construído foi o Túnel Prefeito Augusto Lucena no ano de 1997, e sua função principal é desafogar o trânsito das vias arteriais nos arredores do bairro de Boa Viagem. O segundo túnel implantado foi o Chico Science, em 2000. Ele foi concebido com a função de descongestionar um trecho crítico no encontro da Av. Abdias de Carvalho com a Av. Beira Rio e Rua da Benfica. No ano de 2007, foi concluído o Túnel Josué de Castro, ou túnel do Pina, que à época ficou conhecido por ser a primeira obra que integraria importante via expressa de ligação da zona sul ao centro, denominada Via Mangue. Tais

ISBN: 978-85-65425-32-2

túneis citados acima foram objeto de estudo por Da Fonte e Vitório (2011), os quais realizaram inspeções visuais e buscaram caracterizar os problemas estruturais e de manutenção que viessem a causar prejuízo aos usuários.

Porém a cidade do Recife sofreu considerável impacto urbanístico com a escolha para ser cidade sede da Copa do Mundo de 2014 promovida pela Federação Internacional de Futebol (FIFA), bem como com a implantação do polo petroquímico no porto de SUAPE. Frutos deste contexto, dois novos túneis foram projetados para facilitar o escoamento do trânsito: o Túnel Felipe Camarão com 300 m (984 pés) de comprimento, cuja obra foi subsidiada pelo Governo do Estado de Pernambuco, foi concebido para reduzir os congestionamentos no cruzamento das Avenidas Mascarenhas de Morais e Maria Irene; o Túnel da Abolição com 287 m (941 pés) de comprimento, localizado no cruzamento da Rua Real da Torre com a Rua do Benfica, foi concebido como parte da implantação do corredor leste-oeste, o qual facilita a conexão da área central da cidade do Recife com os municípios a oeste da Região Metropolitana do Recife.

Os cinco túneis existentes na cidade do Recife foram construídos recentemente, tendo o primeiro sido construído há 20 anos, contudo, os dois mais novos apresentam manifestações patológicas de mesmas tipologias e extensões quando comparados aos três mais antigos. Os túneis urbanos são de grande importância para a fluidez do trânsito da cidade, visto que o Recife consta como a cidade com o oitavo pior trânsito do mundo, segundo apontam estudos realizados em 2016 pela companhia holandesa Tom Tom, e por consequência a interrupção do tráfego em algum deles causa sérios problemas de mobilidade.

A manutenção preventiva pode evitar que os túneis fiquem em estado crítico de utilização, bem como que os custos de recuperação possam ser até 50 vezes maior que o de manuetnção. Fato que torna tal lógica longe da realidade é a inexistência de uma cultura de manutenção por parte dos orgãos responsáveis pelos túneis do Recife, tendo em vista que as intervenções, quando ocorrem, são realizadas após danos provocados por alagamentos ou ainda por conta de problemas no sistema de iluminação dos mesmos.

2. Manutenção e vida útil das estruturas de concreto

Souza & Ripper (2009) definem a manutenção de uma estrutura como o conjunto de atividades necessárias para a garantia do seu desempenho satisfatório ao longo do tempo, ou seja, o conjunto de rotinas que tenham por finalidade o prolongamento da vida útil da obra. Trabalhos têm demonstrado a importância econômica da manutenção na durabilidade da estrutura.

A manutenção das estruturas é economicamente mais vantajosa que a recuperação, e inspeções periódicas são de suma importância para a verificação e correção de manifestações patológicas, prolongando a vida útil das mesmas. A manutenção pode ser associada com outro fator de conservação importante para as estruturas de concreto armado, a vida util. A norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) NBR 6118/2007, item 6.2, define a vida útil de projeto como o “período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que atendidos os requisitos

ISBN: 978-85-65425-32-2

de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor". Há uma proximidade entre os conceitos de vida útil e durabilidade que, às vezes, leva à utilização equivocada dos termos. Pode-se considerar que a vida útil é a quantificação da durabilidade que se supõe ser apenas uma qualidade da estrutura. A vida útil pode também ser entendida como o período de tempo durante o qual a estrutura é capaz de desempenhar bem as funções para as quais foi projetada.

No Brasil há uma proposta de definição clara da vida útil de projeto desde o início da década de 90 (Helene, 1993), limitada aos fenômenos de corrosão das armaduras, conforme esquematizado na Figura 1. Para os demais fenômenos de deterioração ainda não há propostas brasileiras nem internacionais (Medeiros, 2011).

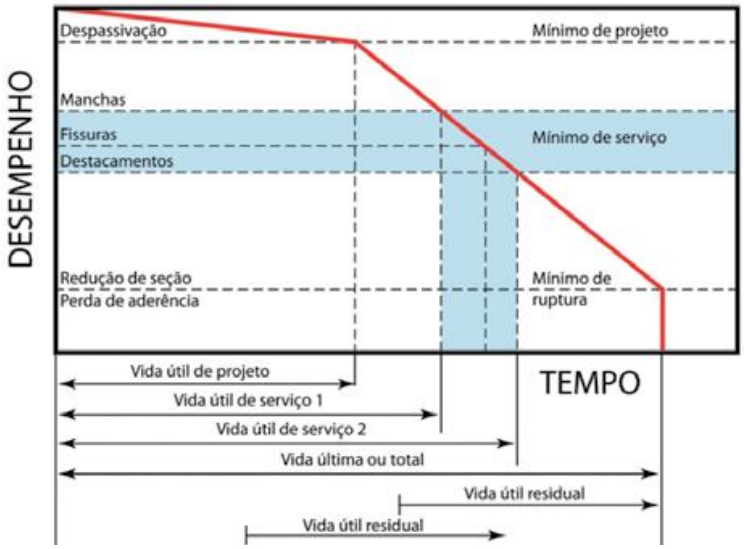


Figura 1 – Conceituação de vida útil das estruturas de concreto tomando por referência o fenômeno de corrosão de armaduras (Helene, 1997)

Segundo Da Fonte (2011), existe uma forte necessidade de se implantar sistemas de manutenção em obras de qualquer nível ou tipo de utilização, no caso de obras públicas, mais especialmente em túneis. A questão da manutenção se torna ainda mais importante para as estruturas de túneis, visto que há grande circulação de veículos automotores, os quais levam as estruturas a uma degradação natural por serem estruturas fechadas e confinadas, as quais são submetidas a fortes ações agressivas, a exemplo das infiltrações, subpressões e gases da queima de combustíveis (CO2).

Lemos (2005), cita a experiência de outros países no quesito manutenção e reabilitação de túneis. Na República Tcheca túneis rodoviários recebem inspeções duas vezes ao ano, durante as quais é verificada a presença de fluxo de água e trincas e medida a temperatura ambiente, com a execução de inspeções especiais quando necessário. Vale ressaltar que no citado país a frequência nas inspeções em túneis de sistemas de metrô é semanal. No

ISBN: 978-85-65425-32-2

Japão, as inspeções do sistema de suporte de túneis são divididas em inspeção primária e secundária. Novas tecnologias de inspeção não destrutivas estão sendo utilizados, dentre elas veículos equipados com sistemas de georadar e câmeras de infravermelho, as quais permitem a execução inspeções rápidas.

No Brasil, de um modo geral, os túneis pertencem às malhas rodoviárias e ferroviárias federais, estaduais ou municipais, de forma que as manutenções de tais equipamentos são realizadas por essas três instâncias de poderes através de órgãos públicos ou por meio de concessionárias. No caso das rodovias que continuam sob a gestão pública percebe-se que ainda existe uma grande deficiência de manutenção, gerada pela falta de recursos e também por uma cultura que prioriza a construção de obras novas em detrimento da conservação de obras existentes (Da Fonte, 2011).

3. Inspeções nos Túneis do Recife

Os estudos desenvolvidos no presente artigo científico consistem numa atualização ampliada daqueles desenvolvidos por Da Fonte e Vitório em 2011, visto que naquele estudo foram analisados três túneis urbanos e neste estão sendo analisados cinco.

Para a elaboração do presente artigo científico, foram realizadas inspeções no período tradicional de chuvas intensas na cidade do Recife, mais precisamente o período compreendido entre os meses de maio e junho de 2017. De acordo com o boletim de precipitações da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), o mês de maio apresentou um acúmulo de chuvas elevado com 282,2 mm e o mês de junho 284,9 mm. Um volume de chuvas elevado representa o aumento do contato das estrturas dos túneis com a água, eleva o nível dos lençois freáticos e favorece a aparição das manifestações patológicas mais recorrentes em estruturas de concreto subterrâneas.

As inpeções foram realizadas de forma visual, com o auxilio de um fissurômetro, camêra fotográfica e uma trena. Com os dados obtidos nas inspeções foram desenvolvidos estudos comparativos aos dados presentes no trabalhao desenvolvido por Da Fonte (2011), tendo como fim a compreensão da evolução das tipologias e extensões das manifestações para os três túneis constantes naquele estudo (Túnel Josué de Castro, Túnel Chico Science e Túnel Prefeito Augusto Lucena), bem como do mapeamento das tipologias e extensões das manifestações patológicas presentes nos dois túneis construídos posteriormente aos estudos de Da Fonte, quais sejam Túnel Felipe Camarão e Túnel da Abolição.

O Manual de Inspeção de Obras de Arte Especiais do extinto Departamento Nacional de Estradas de Rodagens (DNER) (1994) lista os principais efeitos dos problemas patológicos que conduzem à deterioração das estruturas como sendo: degradação da aparência em função das manchas, eflorescências, estalactites e fissuras; perda da rigidez e resistência da estrutura em função da presença de fissuras, do destacamento ou desagregação do concreto ou de corrosão de armaduras; e diminuição da vida útil da estrutura, quando os efeitos anteriormente citados atingem um nível de comportamento que impede a continuação do uso da estrutura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Adiante são detalhadas as análises e diagnósticos preliminares para cada um dos túneis objeto do presente estudo, os quais permitem estimar a vida útil destes conforme consta no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Classificação da Vida Útil das Estruturas dos Túneis Urbanos do Recife segundo os fenômenos de corrosão das armaduras

Item	Túnel Urbano	Ano de Construção	Idade (anos)	Vida Útil de Projeto
1	Túnel Prefeito Augusto Lucena	1997	20	Vida Útil de Serviço 1
2	Túnel Chico Science	2001	16	Vida Útil de Projeto
3	Túnel Josué de Castro (Pina)	2007	10	Vida Útil de Serviço 2
4	Túnel Felipe Camarão	2012	5	Vida Útil de Serviço 1
5	Túnel da Abolição	2015	2	Vida Útil de Projeto

Fonte: Dos Autores

3.1 Túnel Prefeito Augusto Lucena

O Túnel Prefeito Augusto Lucena está localizado no bairro da Boa Viagem sendo constituído por duas estruturas paralelas, em sentidos contrários, denominadas de Marginal Esquerda (sentido Sul-Norte) e Marginal Direita (sentido Norte-Sul). O Quadro 2 apresenta as características das marginais que compõe o túnel.

Quadro 2 - Resumo das principais características do Túnel Prefeito Augusto Lucena

Descrição	Marginal Esquerda	Marginal Direita
Ano de Construção	1997	1997
Localização	Boa Viagem, Recife - PE	Boa Viagem, Recife - PE
Proprietário	Prefeitura da Cidade do Recife	Prefeitura da Cidade do Recife
Extensão	279,50 m	314,50 m
Largura	10,90 m	10,90 m
Altura Limite	4,00 m	4,00 m
Tipo de Fundação	Radier	Radier
Quantidade de Faixas	Três Faixas/Sentido	Três Faixas/Sentido

ISBN: 978-85-65425-32-2

Sentido de Fluxo	Sentido Único (Sul-Norte)	Sentido Único (Norte-Sul)
Material	Concreto armado	Concreto armado
Forma	Semienterrado	Semienterrado
Contenções Laterais	Paredes em Concreto Armado	Paredes em Concreto Armado
Tipo de Juntas	Jeene	Jeene
Tipo de Pavimentação	Placas de concreto	Placas de concreto

Fonte: Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

Na marginal direita há manchas de percolação de água na laje superior dos emboques (entrada e saída) e nas vigas transversais, bem como manchas de bolor na parte externa da estrutura. A estrutura da citada marginal direita é seccionada por 17 juntas transversais de movimentação, já a marginal esquerda é composta por 18 juntas. As mencionadas juntas estão bastante degradadas e apresentam sinais de percolação de água ao seu redor (Figura 2). Nas paredes de ambas as marginais foram identificadas fissuras com infiltração de água e com manchas de bolor (Figura 3). Na marginal esquerda há dois pontos com desplacamento do concreto e armadura exposta em processo de corrosão (Figura 4).

Figuras 2, 3 e 4 - Eflorescência nas juntas, manchas de infiltração em fissuras e Corrosão na armadura (Fonte: Própria)

É visível o grande número de ligações clandestinas de energia instaladas no sistema de iluminação dos túneis, as quais têm como fim abastecer parte da comunidade que se formou no seu entorno. Aberturas para a circulação e troca de ar do interior dos túneis foram vedadas, certamente por moradores da citada comunidade, provocando o aumento da concentração de dióxido de carbono, dentre outros gases, no interior dos mesmos, fato que potencializa a despassivação das armaduras da estrutura por carbonatação. O sistema de drenagem de águas pluviais dos túneis é composto por canaletas laterais conformadas

ISBN: 978-85-65425-32-2

por placas de concreto armado, estando o mencionado sistema com várias placas quebradas e com resíduos das mesmas dentro da canaleta, comprometendo a fluidez das águas pluviais. Nas sarjetas foi verificada em alguns trechos a ausência das grelhas de proteção, fato que permite o acúmulo de lixo e consequente obstrução do fluxo de águas pluviais. Os problemas de manutenção observados nas marginais do túnel estão descritos no Quadro 3.

As duas marginais que compõe o túnel apresentam-se com um bom estado de conservação, embora haja degradação generalizada das juntas de movimentação, sendo identificada como a ação mais preocupante a ação antrópica sobre a estrutura do citado túnel, tendo em vista a construção de casas no entorno da estrutura, a qual pode desencadear uma rápida deterioração e colapso da estrutura do mencionado equipamento, tendo em vista que o mesmo não foi dimensinado para tais sobrecargas. Também foi verificada a criação de animais de médio porte (cavalos) em área entre os túneis e o canal do Rio Jordão que os margeia. A inadequada ocupação das áreas sobre e ao lado dos túneis pelas comunidades sem teto é situação deveras importante, a qual exige do poder público ações para a ordenação e remoção destas habitações irregulares, evitando desta forma acidentes e a deterioração precoce da estrtura do binário que compõe o Túnel Prefeito Augusto Lucena.

Quadro 3 - Problemas identificados por falta de manutenção no Túnel Prefeito Augusto Lucena

Item	Ano 2011[1]	Ano 2017	Evolução
1	Instalações elétricas por meio de gambiarras	Instalações elétricas por meio de gambiarras	Permanece
2	Instalação de eletrodutos corrugados no espaço de juntas	Instalação de eletrodutos corrugados no espaço de juntas	Permanece
3	Presença de vegetação rasteira na coberta das estruturas	Não identificado	Sanado
4	Ausência ou fechamento de grades para entrada de ar	Ausência ou fechamento de grades para entrada de ar (grades de fechamento bastante corroídas com redução de seção)	Permanece
5	Calçadas quebradas	Calçadas quebradas com diversas placas de concreto destruídas	Agravado
6	Dificuldade para drenagem	Dificuldade para drenagem e ausência de grelhas nos bueiros	Agravado
7	Não identificado	Instalação de ligações clandestinas energia	Novo
8	Não identificado	Sinais de incêndios devido a provável curto-circuito	Novo

ISBN: 978-85-65425-32-2

9	Não identificado	Sistema de iluminação inoperante	Novo
11	Não identificado	Construção de residências em alvenaria e madeira nos arredores do túnel	Novo

Fonte: Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

Comparando o estado de conservação e degradação ora observados, no tocante às estruturas que compõe o Túnel Prefeito Augusto Lucena, com aqueles obtidos por da Da Fonte em 2011, é possivel afirmar que houve o agravamento das condições de degradação do mesmo, tendo surgido manifestações patológicas relativas à corrosão de armaduras e fissuras na laje superior, bem como é perceptível o crescimento da comunidade que ocupa o entorno do mencionado túnel, fato que pode ter contribuído para o estado atual da estrutura do túnel. Analisado o conjunto das manifestações patológicas que afetam a estrutura das marginais do Túnel Prefeito Augusto Lucena, dispostas no Quadro 4, é possível estimar que a estrutura do túnel atingiu a vida útil de serviço 1, conforme critérios constantes na Figura 1, sendo necessária a realização de investigações com o uso de técnicas e equipamentos modernos para apropriada compreensão da severidade da degradação da estrutura.

Quadro 4 - Resumo das manifestações patológicas no Túnel Augusto Lucena

Item	**Ano 2011[1]**	**Ano 2017[2]**	**Evolução**
1	Percolação d'água na laje de entrada e saída das estruturas	Percolação d'água na laje de entrada e saída da estrutura	Permanece
2	Infiltrações e manchas nas juntas	Infiltrações e manchamento nas juntas verticais	Permanece
3	Presença de fungo na estrutura	Presença de fungos e bolor por toda a estrutura	Agravado
4	Fissuras no pavimento	Afundamento de placas de concreto	Agravado
5	Infiltrações generalizadas	Infiltrações pelas fissuras, juntas e estrutura	Agravado
6	Não identificada	Manchas de eflorescência e criptoflorescência	Novo
7	Não identificada	Fissuras lineares de canto a canto na laje	Novo
8	Não identificada	Desplacamento do concreto com armadura exposta	Novo

Fonte: Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2 Túnel Chico Science

O Túnel Chico Science apresenta seção retangular na forma semienterrada, revestido em placas de concreto. A parte superior da laje de cobertura é o próprio tabuleiro da Ponte Prof. Lima de Castilho, sob a qual ele está localizado. No Quadro 5 estão descritas as principais características do mesmo.

Quadro 5 – Resumo das principais características do Túnel Chico Science

Ano de Construção	2001
Localização	Madalena, Recife - PE
Proprietário	Prefeitura da Cidade do Recife (EMLURB)
Extensão	92,70 m
Largura	2,20 m
Altura Limite	4,50 m
Tipo de Fundação	Estacas Tipo Franki
Quantidade de Faixas	Duas Faixas/Sentido
Sentido de Fluxo	Sentido Duplo (Sul-Norte e Norte-Sul)
Material	Concreto armado
Forma	Semienterrado
Contenções Laterais	Concreto Armado
Tipo de Juntas	Jeene
Tipo de Pavimentação	CBUQ

Fonte: Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

Nas lajes superiores foi verificada que uma das duas calhas de drenagem se encontra entupida por galhos e folhas, impedindo a drenagem das águas pluviais precipitadas e gerando uma lamina d'água com aproximadamente 2 cm em toda a superfície. Nas citadas lajes existe um sistema de impermeabilização composto por manta asfáltica com proteção mecânica de aproximadamente 1 cm de espessura, porém a proteção mecânica esta degradada e a manta asfáltica ressecada e com fissuração em todos os pontos aparentes.

Os canteiros externos ao túnel e laterais à ponte apresentam manta de impermeabilização degradada e drenos entupidos, porém um dos canteiros está em estado mais avançado de degradação devido ao acumulo de água que desencadeou a flutuação do enchimento composto por blocos EPS. Outros problemas de manutenção estão descritos no Quadro 6.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 6 - Problemas identificados por falta de manutenção no Túnel Chico Science

Item	Ano 2011 [1]	Ano 2017	Evolução
1	Cobogós quebrados	Cobogós quebrados com exposição de armaduras de amarração	Agravada
2	Drenagem insuficiente	Drenagem insuficiente	Permanece
3	Placas de concreto no revestimento do piso túnel danificadas	Placas de concreto no revestimento do piso túnel danificadas	Permanece
4	Não identificado	Corrimão externo bastante oxidado	Novo
5	Não identificado	Juntas de dilatação danificadas	Novo
6	Não identificado	Grades metálicas da fachada corroídas	Novo
7	Não identificado	Fluxo de água sob o sistema elétrico	Novo

Fonte: [1]Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

A área externa do túnel apresenta aproximadamente 75% de sua estrutura coberta por bolor, sendo as áreas superiores as mais afetadas. Fissuras em forma de mapa foram verificadas por toda a superfície externa do túnel. Quatro pontos críticos de acúmulo de água foram identificados, quais sejam as faces superiores das duas lajes superiores e os canteiros externos localizados adjacentes à ponte.

Na área externa ao Túnel Chico Science, onde há uma calçada lateral, a falta de manutenção promoveu a degradação do corrimão metálico com redução da seção do mesmo, deixando os pedestres vulneráveis a acidentes.

Da observação dos emboques do túnel é possível perceber a ação deletéria da água, tendo em vista que várias manchas de percolação de água e bolor são aparentes. Nas paredes de contenção lateral fissuras do tipo mapa, verticais e horizontais, se distribuem por toda a extensão e em ambos os lados do túnel, com o consequente desplacamento do revestimento argamassado. Através de uma quantidade expressiva de fissuras verificou-se o fluxo considerável de água com a presença de lodo e bolor em torno das mesmas. As citadas infiltrações nas paredes de contenção também geraram o surgimento de criptoflorescência (Figuras 5 e 7). A infiltração de água pelas juntas de movimentação da estrutura do túnel e pela laje superior favoreceu o surgimento de bolores. A água advinda da parte superior da estrutura é um risco aos pedestres por estar em contato com os eletrodutos do sistema de iluminação do túnel, como se pode verificar na Figura 9. Ainda quanto à parte interna do túnel, foi possível identificar um ponto de corrosão avançado na armadura da cinta de amarração inferior de um dos lados do mesmo, donde

ISBN: 978-85-65425-32-2

um trecho com aproximadamente 60 cm da armadura está aparente e com seção reduzida.

Figuras 5, 6 e 7 - Criptoflorescência encrostada na parede de contenção, fissura vertical com fluxo de água e infiltrações advindas da laje superior

Analisado o conjunto das manifestações patológicas que afetam a estrutura do Túnel Chico Science, dispostas no Quadro 7, é possível afirmar que a água da chuva tem sido determinante na intensificação da degradação da estrutura do túnel e que a citada estrutura não apresenta de forma geral danos expressivos, bem como é possível estimar que a estrutura do túnel está na fase de vida útil de projeto, conforme critérios constantes na Figura 1.

Quadro 7 - Resumo das manifestações patológicas no Túnel Chico Science

Item	Ano 2011 [1]	Ano 2017	Evolução
1	Percolação de água nas lajes e vigas dos acesos ao Túnel	Percolação de água nas lajes e vigas dos acesos ao Túnel	Permanece
2	Presença de lodo e microfissuras de forma generalizada na parte externa da estrutura	Presença de lodo e fissuras de forma generalizada na parte externa e interna da estrutura	Agravada
3	Infiltrações localizadas nos encontros de lajes e vigas	Infiltrações generalizadas em toda a estrutura	Agravada
4	Presença de fungos por toda a estrutura	Presença de fungos por toda a estrutura	Permanece

ISBN: 978-85-65425-32-2

5	Não identificada	Criptoflorescência nas paredes de contenção e eflorescência nas vigas transversais	Nova
6	Não identificada	Cinta de amarração com desplacamento e armadura exposta	Nova
7	Não identificada	Fissuras em toda a extensão interna das paredes de contenção, com pontos de percolação de água	Nova

Fonte: [1]Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

3.3 Túnel Josué de Castro (Pina)

O Túnel do Pina foi construído no ano de 2007 sob importante avenida da capital pernambucana, denominada Avenida Herculano Bandeira, e integra o complexo viário da Via Mangue, uma via expressa de ligação da zona sul com a área central da cidade do Recife. O túnel é do tipo semienterrado de geometria retangular e foi construído com uso de placas de concreto armado para contenção lateral do tipo “parede diafragma”. A parte interna do túnel não possui calçadas e os pedestres transitam pela parte superior do mesmo, onde há uma passarela sob a citada avenida. No Quadro 8 estão descritas as principais caracteristicas do Túnel Josué de Castro.

Quadro 8 - Resumo das principais características do Túnel Josué de Castro (Pina)

Ano de Construção	**2007**
Localização	Pina, Recife - PE
Proprietário	Prefeitura da Cidade do Recife
Extensão	181,00 m
Largura	12,20 m
Altura Limite	4,50 m
Tipo de Fundação	Estacas Pré-Moldadas
Quantidade de Faixas	Quatro Faixas/Sentido
Sentido de Fluxo	Sentido Único (Sul-Norte)
Material	Concreto armado
Forma	Semienterrado

Fonte: Adaptado de Da Fonte e Vitório (2011)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Na noite anterior às inspeções choveu, fato que facilitou a identificação dos pontos de percolação de água na estrutura e áreas de acúmulo das águas precipitadas. Os problemas apontados em 2011 devido à falta de manutenção das calhas de drenagem internas ao túnel permanecem, tendo em vista a presença de lixo nas mesmas, bem como foram agravados pela degradação das grelhas que compõem as citadas calhas (Quadro 9).

Quadro 9 - Problemas identificados por falta de manutenção no Túnel Josué de Castro

Item	Ano 2011 [1]	Ano 2017	Evolução
1	Lixo na calha de drenagem	Lixo na calha de drenagem e grelhas das calhas de drenagem degradadas	Agravada

Fonte: [1]Adaptado de Da Fonte e Vitório (2011)

Quanto às manifestações patológicas, foi verificada nas faces das paredes de contenção e em toda a extensão do túnel (ambos os lados) microfissuras do tipo mapa e no núcleo do túnel (ambos os lados) pontos com criptoflorescência nas faces das paredes de contenção, advinda de infiltrações pontuais nas mesmas.

Infiltrações de água também foram observadas de forma generalizada e em toda a extensão do sistema estrutural laje superior/vigas, cujo problema provavelmente advem da área acima do citado sistema estrutural, na qual se localiza um pátio de circulação e vivência com diversos pontos de acúmulo de água de chuva e manchas de lodo sobre o piso intertravado. Conforme registado na Figura 8, a face inferior da citada laje superior apresenta grau avançado de lixiviação da pasta de cimento do concreto com formação de estalactites.

Na viga transversal sul, componente do sistema estrutural laje superior/vigas, foram identificados pontos da sua face inferior com desplacamento do concreto e armadura exposta, bem como situação similar na sua face vertical, a qual também apresenta pontos em processo de desplacamento, conforme pode ser verificado na Figura 9.

As citadas manifestações patológicas apresentam significativo risco para os veículos que trafegam diariamente pelo túnel, pois pedaços do concreto desplacado podem ser projetados sobre os mesmos. Um bom exemplo deste risco é um trecho do fundo da viga transversal sul com dimensões aproximadas de 30 cm x 20 cm x 3 cm que já se encontra desplacado.

Analisado o conjunto das manifestações patológicas que afetam a estrutura do Túnel Josué de Castro (Pina), dispostas no Quadro 10, é possível estimar que a estrutura do túnel atingiu a vida útil de serviço 2, conforme critérios constantes na Figura 1, visto que o mesmo se apresenta bastante degradado, sendo necessária a realização de investigações com o uso de técnicas e equipamentos modernos para apropriada compreensão da severidade da degradação da estrutura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 8 e 9 - Laje superior com manchas de eflorescência e estalactites e viga sul com fundo e face vertical com desplacamento do concreto e armadura exposta (Fonte: Dos autores)

Da comparação do estado atual com o verificado em 2011, é possível afirmar que houve significativa evolução negativa da conservação das estruturas que compõem o Túnel Josué de Castro, o qual se encontra mais deteriorado. Certamente a principal causa dessa degradação é a ausência de um sistema de drenagem e impermeabilização efetivos, visto que há diversos pontos de concentração de água sobre a laje superior. O túnel é conhecido pelos alagamentos constantes nas cotas inferiores da parte subterrânea, o que provavelmente potencializa o surgimento de eflorescências e acelera o processo de corrosão das armaduras.

Quadro 10 - Resumo das manifestações patológicas no Túnel Josué de Castro (Pina)

Item	Ano 2011 [1]	Ano 2017	Evolução
1	Percolação d'água na laje de entrada e saída da estrutura	Bolor esparso na extremidade das lajes de acesso	Permanece
2	Presença de lodo na estrutura externa	Presença de lodo e pontos de acúmulo de água na face superior da laje superior (pátio de circulação)	Agravada
3	Fissuras em forma de mapa nas paredes diafragma	Fissuras em toda a extensão (em ambos os lados) da face das paredes de contenção tipo diafragma	Permanece
4	Deslocamento de parede diafragma	Não identificado	Não verificada
5	Estalactites, eflorescências e infiltrações na laje	Bolor, criptoflorescência e estalactites em toda a extensão da laje superior central	Agravada
6	Infiltrações internas localizadas	Infiltrações internas localizadas nas faces das paredes de contenção tipo diafragma (em ambos os lados)	Permanece

ISBN: 978-85-65425-32-2

7	Infiltrações internas nos encontros de vigas e lajes	Infiltrações internas nos encontros de vigas e lajes	Permanece
8	Infiltrações pontuais na área externa	Não identificado	Não verificada
9	Não identificada	Fissuras e desplacamentos do concreto com armaduras expostas na face vertical da 1ª viga transversal do emboque sul	Nova
10	Não identificada	Desplacamento do concreto com armadura exposta da 1ª viga transversal do emboque norte	Nova
11	Não identificada	Desplacamento do concreto (argamassa) da face inferior da viga longarina central.	Nova

Fonte: [1]Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

3.4 Túnel Felipe Camarão

O túnel Felipe Camarão é o único dos túneis em estudo que está sob a gestão do Departamento de Estradas de Rodagem de Pernambuco (DER-PE). O citado túnel foi inaugurado no ano de 2012 e está situado sob a Estrada da Batalha. As contenções laterais são compostas por cortinas atirandas de concreto travadas por vigas de coroamento. O mesmo é composto por quatro faixas, sendo duas no sentido dos bairros do Jordão - Boa Viagem (oeste-leste) e duas no sentido oposto, as quais são separadas por um canteiro central. No Quadro 11 estão descritas as principais características do mesmo.

A estrutura do túnel apresenta grande número de fissuras verticais do tipo mapa nas paredes de contenção, as quais aparecem uniformes e em distâncias similares, evidenciando que são fissuras de alivio de tensões. Várias destas fissuras apresentam sinais de percolação de água e consequentemente presença de lodo, bolores, criptoflorescência, vegetação e percolação de água com material lixiviado do aterro (Figura 10).

Quadro 11 - Resumo das principais características do Túnel Felipe Camarão

Ano de Construção	2012
Localização	Jordão, Recife - PE
Proprietário	DER-PE
Extensão	301,00 m
Largura	8,00 m

ISBN: 978-85-65425-32-2

Altura Limite	6,00 m
Quantidade de Faixas	Duas Faixas/Sentido
Sentido de Fluxo	Sentido Duplo (Leste-Oeste)
Material	Concreto armado
Forma	Semienterrado
Contenções Laterais	Cortinas Atirantadas de Concreto Armado
Tipo de Juntas	Jeene
Tipo de Pavimentação	CBUQ

Fonte: Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

No encontro entre as vigas transversais e longitudinais foram identificadas fissuras verticais e em 45º nos trechos mais proximos às cortinas de contenção, como se pode verificar na Figura 11. De um total de 22 vigas transversais, 11 antes da laje superior central e 11 depois, 6 apresentam fissuras. Algumas vigas também apresentam bolores, manchas de percolação de água e eflorescência.

A Figura 12 evidência o estado do canteiro central no trecho do núcleo do túnel. Pelo que foi observado, a faixa ao lado da cortina de contenção norte está com o sistema de drenagem comprometido, fato que provoca alagamentos constantes. Para dar escoamento às águas pluviais acumuladas em tal faixa foram retiradas duas peças de meio-fio e demolido um trecho da calçada do canteiro central, permitndo o fluxo de água para o lado oposto, agravando o problema dos alagamentos. Na face interna da laje superior foi observada a disposição de peças metálicas tipo steel deck em toda a sua superfície, a qual inviabilizou a inspeção visual da estrutura. Estas peças direcionam as águas que percolam na laje para calhas laterais, que por sua vez desaguam em caixas coletoras do sistema de drenagem. Apesar de não ter sido possível visualizar a face interna da laje superior, verificou-se indícios de manisfestações patólogicas nas calhas e em seus arredores, bem como o vazamento de água sobre os eletrodutos do sistema de iluminação. Outros problemas de manutenção estão descritos no Quadro 12. Apesar de não ter sido possível visualizar a face interna da laje superior, verificou-se indícios de manisfestações patólogicas nas calhas e em seus arredores, bem como o vazamento de água sobre os eletrodutos do sistema de iluminação.

Analisado o conjunto das manifestações patológicas que afetam a estrutura do Túnel Felipe Camarão, dispostas no Quadro 13, é possível estimar que a estrutura do túnel atingiu a vida útil de serviço 1, conforme critérios constantes na Figura 1, visto o mesmo apresenta sinais preocupantes de degradação acelerada, sendo necessária a realização de investigações com o uso de técnicas e equipamentos modernos para apropriada compreensão da severidade da degradação da estrutura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figuras 10, 11 e 12 - Fissuras tipo mapa com lixiviação, vigas transversais e longitudinais com fissuras a 45º e calçada do canteiro central demolida

Quadro 12 - Problemas identificados por falta de manutenção no Túnel Felipe Camarão

Item	Ano 2017
1	Grade de proteção do sistema de recalque danificada
2	Alagamento no trecho mais baixo do Túnel
3	Parte da calçada do canteiro central destruída para escoamento da água de chuva
4	Grades acima do muro de contenção danificadas
5	Alagamentos nas ruas laterais do núcleo do túnel
6	Lixo acumulado nas grades dos bueiros
7	Fluxo de água correndo sobre o sistema de iluminação
8	Vegetação nas calçadas e na estrutura do túnel

Fonte: Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

Quadro 13 - Resumo das manifestações patológicas no Túnel Felipe Camarão

Item	Ano 2017
1	Manchas de percolação de água na cortina atirantada de contenção, vigas e laje da estrutura do túnel
2	Corrosão na calha tipo steel deck no trecho central da laje superior
3	Eflorescência e criptoflorescência nas cortinas atirantadas de contenção
4	Fissuras tipo mapa e linear nas cortinas atirantadas de contenção

ISBN: 978-85-65425-32-2

5	Fissuras verticais e inclinadas (45º) nas vigas longitudinais e transversais da estrutura do túnel
6	Lodo e bolor nas cortinas atirantadas de contenção e calçadas do canteiro central
7	Pavimento asfáltico degradado com trechos com afundamentos e panelas

Fonte: Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

3.5 Túnel da Abolição

O túnel da Abolição fica localizado na Rua Real da Torre e passa sob a Rua da Benfica, possui 287 m de extensão e é o mais recentemente construído, tendo as obras sido concluídas no ano de 2015. O citado túnel se diferencia dos demais por ter as contenções constituídas por estacas secantes com 600 mm de diâmetro travadas horizontalmente por vigas de coroamento. Essa tecnologia foi escolhida pelo baixo nível de vibrações emitidas, pois nos arredores do local existem construções históricas, como o Museu da Abolição, que dá nome ao túnel. No Quadro 14 estão descritas as principais características do mesmo.

Quadro 14 - Resumo das principais características do Túnel da Abolição

Ano de Construção	2015
Localização	Madalena, Recife - PE
Proprietário	Prefeitura da Cidade do Recife
Extensão	324,00 m
Largura	8,80 m
Altura Limite	5,60 m
Quantidade de Faixas	Duas Faixas/Sentido
Sentido de Fluxo	Sentido Único (Norte-Sul)
Material	Concreto armado
Forma	Semienterrado
Contenções Laterais	Estacas Secantes / Vigas de Coroamento
Tipo de Juntas	Jeene
Tipo de Pavimentação	CBUQ

Fonte: Adaptado de Da Fonte e Vitório (2011)

No dia em que foi realizada a inspeção choveu 49,6 mm segundo registros da APAC, fato que auxiliou na identificação dos problemas de manutenção listados do Quadro 15.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 15 - Problemas identificados por falta de manutenção no Túnel da Abolição

Item	Ano 2017
1	Drenos e ralos entupidos e acúmulo lodo na superfície
2	Presença de vegetação e moluscos em toda a estrutura
3	Escoamento de água da laje superior do túnel (praça) na faixa de rolamento central interior ao túnel
4	Corrosão da tubulação metálica do sistema de drenagem (tubo de recalque)

Fonte: Adaptado de Da Fonte e Vitório (2011)

Por conta de problemas na execução do projeto do Túnel da Abolição o gabarito horizontal (largura útil) do mesmo ficou 50 cm menor quando comparado ao previsto. O projeto original previa para o equipamento três faixas de rolamento, sendo uma delas exclusiva para o transporte público (ônibus, vans, etc.), e para tanto previa 8,90 m de gabarito horizontal (largura útil), contudo, por conta do citado problema executivo o mesmo ficou com apenas 8,40 m, inviabilizando a terceira faixa e o uso de uma parada de ônibus dentro do túnel. Apesar desta inviabilidade, foi executada toda a estrutura necessária para o trânsito vertical de pessoas da cota interna do túnel à cota no nível da praça situada sobre o mesmo, quais sejam uma escada e a estrutura metálica para receber um elevador.

Sobre a laje superior do túnel foi construída uma praça para integrar e valorizar os arredores do Museu da Abolição. Nesta praça existem sete jardineiras elevadas revestidas com grama, as quais acumulam água quando chove, resultando em manchas de percolação de água nas suas faces verticais. Também foi verificado o acúmulo de água de chuva nas calçadas, patamares da escada de acesso ao subterrâneo e áreas centrais da praça. Nas calçadas há um sistema de drenagem superficial composto por sete ralos, porém cinco estavam entupidos e com presença de vegetação no interior das mesmas. Na área central da praça, situada sobre a laje superior do Túnel da Abolição, não há sistema de drenagem superficial, sendo a água da chuva apenas direcionada para uma calha improvisada, a qual deságua como em forma de cascata sobre a parte interna do túnel, dificultando em momentos de maior vazão a visão dos motoristas.

No sistema estrutural vigas/lajes que compõe a parte supeior-central do túnel foi verificada a presença de pontos de infiltração de água por microfissuras que se distribuem paralelas ao encontro viga-laje, além de outros pontos isolados onde há percolação de água em menor quantidade, porém com manchas de eflorescência bastante acentuadas. No sistema de contenção composto por estacas secantes/vigas de coramento foi verificada a presença fissuras tipo mapa e de percolação de água em toda a extensão das mesmas e em ambos lados do túnel. Em parte significativa dos pontos de percolação de água foi possível encontrar material lixiviado material argiloso de consistência pastosa e cor alaranjada, bem como pontos com eflorescência e criptoflorescência. O material argiloso tem consistência similar à argila e provavelmente é advindo do aterro lateral, conferindo risco à estrutura haja vista que pode causar recalque no aterro da pista lateral exerna ao túnel. Na Figura 13 fica evidente como a percolação do material é intensa na parede de

ISBN: 978-85-65425-32-2

contenção. Devido à presença de umidade nas paredes de contenção, verificaram-se pontos com arbustos de médio porte, lodo e pontos isolados onde pequenos moluscos ficam presos à mesma.

Nas paredes de contenção compostas por estacas secantes e vigas de coroamento, estas últimas ficam dispostas em dois alinhamentos no último terço médio das paredes, sendo uma destas no topo do alinhamento das estacas, as quais também servem como guarda corpo para os pedestres que trafegam por cima do túnel. Nos dois alinhamentos de vigas de coroamento há nichos de concretagem de grandes dimensões, nos quais a armadura ficou aparente e consequentemente corroída, conforme pode ser verificado na Figura 14x'.

Analisado o conjunto das manifestações patológicas que afetam a estrutura do Túnel da Abolição, dispostas no Quadro 16, é possível afirmar que a água da chuva tem sido determinante na intensificação da degradação da estrutura do túnel e que a citada estrutura não apresenta de forma geral danos expressivos, a qual está no estado de degradação inicial, bem como é possível estimar que a estrutura do túnel está na fase de vida útil de projeto, conforme critérios constantes na Figura 1.

Figuras 13 e 14 - Percolação de argila na parede de contenção e armadura corroída em falha de concretagem da viga de coroamento infeirior (Fonte: Dos autores)

Quadro 16 - Resumo das manifestações patológicas no Túnel da Abolição

Item	Ano 2017
1	Fissuras lineares e tipo mapa no guarda corpo em concreto, com manchas de eflorescência
2	Manchas de lodo e bolor por toda a extensão da parede de contenção
3	Fissuras do tipo mapa nas vigas de coroamento das paredes de contenção em estacas secantes
4	Percolação de água e lixiviação (argila) por toda extensão das paredes de contenção em estacas secantes
5	Eflorescência no sistema estrutural vigas-laje superior da laje central do túnel

ISBN: 978-85-65425-32-2

6	Manchas de percolação de água nas vigas do sistema estrutural vigas-laje superior da laje central
7	Nichos de concretagem nas vigas de coroamento inferior e pontos com armação exposta
8	Fissura na interface entre viga e guarda corpo superior do sistema estrutural vigas-laje superior

Fonte: Adaptado Da Fonte e Vitório (2011)

4. Conclusões

Comparada com outras ciadades do mundo, o Recife possui túneis bastante recentes, tendo o mais antigo apenas 20 anos de uso. Da comparação dos dados apresentados no presente aritgo com aqueles produzidos por Da Fonte em 2011 para os Túneis Prefeito Augusto Lucena, Chico Science e Josué de Castro (Pina), é possível compreender que os túneis apresentam considerável evolução negativa para os problemas de deterioração e de manutenção estrutural. Quanto aos túneis construídos posterioremente ao trabalho desenvolvido por Da Fonte, Túneis Felipe Camarão e Da Abolição, é de se destacar o acelerado estado de degradação estrutural dos mesmos, os quais apesar de utilizados por alguns anos já apresentam estado comparável aos três túneis mais antigos. A concepção de projetos inadequados e a pressa na execução destes pode ter sido os fatores determinantes para a degradação prematura das estruturas que os compõe.

Dos resultados obtidos é possível afirmar que o conjunto dos cinco túneis urbanos da cidade do Recife necessita de atenção especial do poder público no tocante à recomposição das condições estruturais originais. Todos os túneis apresentam degradação da estrutura ao longo do tempo, predominantemente nas estruturas de contenção lateral e no sistema estrutural vigas-lajes superiores, cujas manifestações patólogicas mais recorrentes foram a eflorescência, criptoflorescência, bolores, fissuras em forma de mapa e desplacamento do concreto com armadura exposta, esta última com menor frequência e extensão.

Também é importante destacar as peculiaridades presentes na cidade do Recife, visto que é uma cidade litorânea, com muitas áreas de aterro e com o nível do lençol freático próximo à cota do terreno natural, fatores estes que predispõem as estruturas de concreto armado subterrâneas a sofrerem de manifestações patológicas desencadeadas pela presença de água, exigindo, portanto a adoção pelos proprietários das estruturas de planos rigorosos de inspeções periódicas e manutenções preventivas cuidadosas, de forma a minorar a deterioração precoce das mesmas e cumprir o fim para o qual foram construídas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências Bibliográficas

Da Fonte, F. J. M. Proposta para um Sistema de Inspeção e Manutenção dos Túneis da Cidade do Recife, CINPAR2011, Fortaleza, Brasil, 2011.

DNER. Manual de Inspeção de Obras de Arte Especiais, Rio de Janeiro, 1994.

Helene, P. R. Vida útil das estruturas de concreto. In: IV Congresso Ibero-americano de Patologia das Construções. Anais... Porto Alegre, RS, 1997.

Helene, P. R. Vida útil de estruturas de concreto armado sob o ponto de vista da corrosão da armadura. In: Seminário de Dosagem e Controle dos Concretos Estruturais, julho a setembro 1993. Anais, Brasília, ENCOL, 1993.

Lemos, K. B. Q. (2005). Manutenção e Reabilitação de Túneis, Publicação G.DM- 138/2005, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, UnB, Brasília, DF, 186 p.

Medeiros, M. H. F.; Andrade, J. J. O.; Helene, P. Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, G. C. Concreto: Ciência e Tecnologia. 1. ed. São Paulo: IBRACON, v. 1, 2011. Cap. 22, p. 773-808.

Souza, V. C. M. de; Ripper, T.; Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. São Paulo: PINI, 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTUDO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS PÓS-OCUPAÇÃO IDENTIFICADAS NO CONJUNTO HABITACIONAL DO PROGRAMA MINHA CASA, MINHA VIDA NA CIDADE DE JUAZEIRO DO NORTE-CE.

Study Of Pathological Manifestations After Occupation Identified In The Housing Set Of The Program My House, My Life In The City Of Juazeiro Do Norte-CE

Maria Silva **FREITAS**[1], Eudiane Caxiado **ALVES**[2], Jefferson Luiz Alves **MARINHO**[3]

[1] Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte - CE, Brasil, mariasilvajn@gmail.com

[2] Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte - CE, Brasil, eudianealves.eu@gmail.com

[3] Instituto Tecnológico do Cariri – ITEC/URCA, Juazeiro do Norte – CE, Brasil, jeff.marinho@urca.br

Resumo: Quando se trata de manifestações patológicas em conjuntos residenciais podemos destacar o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), já que muitos trabalhos sobre manifestações patológicas estão sendo publicados abordando esse tipo de conjunto habitacional, devido sua difusão no território Nacional. As manifestações patológicas frequentemente indentificadas nessas habitações são: fissuras, trincas, rachaduras, corrosão de armadura e infiltrações. Os dados relatados não diferem dos mais comuns em outros tipos de habitações, já que esses tipos de patologias são frequentemente encontradas nas edificações, o que preocupa é a incidência precoce dessas aparições. Nesse contexto esse trabalho tem como objetivo apresentar as patologias encontradas no Conjunto Residencial Manoel Raimundo de Santana Filho, no bairro Betolândia na cidade de Juazeiro do Norte – CE, e identificar as causas de suas aparições pós ocupação. Para a obtenção de dados foi feita análise documental, como projetos, relatório de vistoria técnica, boletins de ocorrência junto à Caixa Econômica Federal, órgão financiador do PMCMV, além de registros fotográficos. De acordo com os resultados obtidos, no intervalo de três anos após a entrega das casas aos seus proprietários, 60% das casas analisadas apresentaram algum tipo de patologia. As manifestações com maiores ocorrências foram na alvenaria, revestimentos e esquadrias. Em suma, espera-se que este trabalho e suas explanações sirvam de dados para futuros trabalhos.

Palavras-chave: Patologias. Manifestações Patológicas. Pós-Ocupação. Conjuntos Habitacionais.

Abstract: When it comes to pathological manifestations in residential complexes we can highlight the My House My Life Program (PMCMV), since many works on pathological manifestations are being published addressing this type of housing complex, due to its diffusion in the National territory. The pathological manifestations frequently identified in these dwellings are: Fissures, cracks, cracking corrosion of armature and infiltrations. The

ISBN: 978-85-65425-32-2

reported data do not differ from the most common in other types of housing, since these types of pathologies are frequently found in buildings, what concerns them is the incidence of these apparitions. In this context, this work aims to present the pathologies found in the Manoel Raimundo de Santana Filho Residential Complex, in the Betolândia neighborhood in the city of Juazeiro do Norte - CE, and to identify the causes of their post occupation occupations. In order to obtain data, a documentary analysis was carried out, such as projects, a technical survey report, bulletins of occurrence with Caixa Econômica Federal, the financing body of the PMCMV, as well as photographic records. According to the results obtained, in the interval of three years after the delivery of the houses to their owners, 60% of the houses analyzed presented some type of pathology. The manifestations with greater occurrences were in masonry, claddings and frames. In short, it is expected that this work and its explanations will serve as data for future work.

Keywords: Pathologies. Pathological Manifestations. Post occupation. Housing estates.

1. Introdução

A importância do setor da construção civil no que diz respeito ao desenvolvimento econômico do país é notória, pois a mesma é responsável pela criação de um elevado número de postos de trabalho, reduzindo o indíce de desemprego, e por atender as imposições oriundas do déficit habitacional, que tem apresentado uma acelerada queda pela criação e implementação de programas habitacionais. O programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), é uma iniciativa do Governo Ferderal em parceria com o ministério das cidades, a Caixa Econômica Federal e o Banco do Brasil que oferecem condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda, com o intuito de suprir o déficit habitacional no Brasil.

Além de condições de aporte é relevante destacar que a qualidade da moradia é de extrema importância para que o investimento seja vantajoso. Embora as tecnologias no setor de técnicas e materias de construção tenham se aprimorado, ainda observa-se diversos tipos de patologias em edificações, que podem ser ditas como as consequências da deficiência na construção, e as suas aparições precoces são alvo de pesquisa. No intuito de encontrar soluções que sejam satisfatórias, tanto para os moradores quanto para as empresas, estudos e esforços têm sido evidados para que estas não venham a ter gastos futuros com correções dos efeitos causados pelas manifestações patológicas.

As causas das patologias são de origens diversas, segundo Pacheco (2013), essas manifestações são originadas por falhas que incidem durante a realização de uma ou mais atividade do processo da construção civil. De acordo com Red Rehabilitar (2003) *Apud* Pacheco (2013) O processo de construção pode ser dividido em: planejamento, projeto, fabricação dos materiais de construção e componentes fora do canteiro, execução e uso. Com isso Menegatti (2008), ressalta que atualmente não é raro encontrar edifícios apresentando algum tipo de fissura, o que compromete, além da estética, conforto, insegurança do usuário e uma desvalorização no seu valor.

Recentemente, em 2013, entrou em vigor a NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho, que estabelece os quesitos e os critérios de desempenho mínimo obrigatório

ISBN: 978-85-65425-32-2

das edificações em sua vida útil. A criação desta norma teve o intuito de normatizar e elevar o desempenho das edificações. Segundo Pina (2013) os Projetos do PMCMV devem seguir as orientações e atender às normas definida na NBR 15575:2013.

A cidade de Juazeiro do norte localizada ao Sul do Ceará é uma das cidades que compõem a Região Metropolitana do Cariri (RMC), a mesma foi contemplada pelo PMCMV. Ao fim do segundo semestre de 2014, foi entregue aos proprietários o conjunto Manoel Raimundo de Santana Filho, no bairro Betolândia, da referida cidade, composto por 713 casas, distribuidas em 18 quadras. Neste contexto o presente artigo tem como objetivo apresentar as patologias pós ocupação mais frequentes encontradas no conjunto residencial supracitado e identificar as causas de suas aparições precoces.

2. Patologias em obras de conjunto residenciais do PMCMV

Quando se trata de manifestações patológicas em conjuntos residenciais, pode-se destacar o projeto PMCMV, já que muitos trabalhos estão sendo publicados sobre esse tipo de conjunto habitacional, devido sua extenção em território nacional. Estas manifestações tem se intensificado após a ocupação da residência por isso, as avaliações do pós-ocupação (APO), aplicadas em estudos, estão demonstrando cada vez mais a insatisfação dos proprietários devido ao alto índece de manifestações patologicas.

Dentre as manifestadas as que aparecem com maior frequência são: rachaduras, trincas, fissuras, corrosão de armadura e infiltrações. Segundo um diagnóstico feito por Pina (2013), em suas pesquisas relatou que: segundo uma pesquisa coordenada por Claudio Bernardo, vice-presidente do sindicato de habitação, em 52 (cinquenta e dois) edifícios de 08 (oito) construtoras, em Bauru-SP, as maiores queixas e reclamações feitas pelos ocupantes sobre as patologias mais comuns nesses edifícios foram sobre a parte hidráulica (o que comprova a grande frequência das infiltrações nos edifícios), trincas nas paredes, problemas de esquadrias e impermeabilizações.

Os dados relatados não diferem do mais comum em outros tipos de habitações, estes tipos de patologias são frequentemente encontradas nas edificações, o que preocupa é a incidência precoce dessas aparições. De acordo com a cartilha de direitos e deveres dos proprietários, disponibilizada no site da Caixa Economica Federal, estes tem a cobertura do imóvel pelo seguro de Responsabilidade Civil, Profissional e Material – RCPM, por 60 (sessenta) meses, o equivalente a 05 (cinco) anos a partir da entrega do imóvel. O problema é que as primeiras manifestações patológicas ocorrem antes desse período, causando um desconforto para os moradores.

Segundo Soares *et al* (2014), em pesquisa realizadas em construções do PMCMV na Baixada Cuiabana, no Mato Grosso do Sul as principais patologias encontradas no conjunto residencial, conforme figura 1, são problemas referentes à questão estrutural e instalações, o que demostra que não difere do relatado por Pina (2013) em Bauru, no Estado de São Paulo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

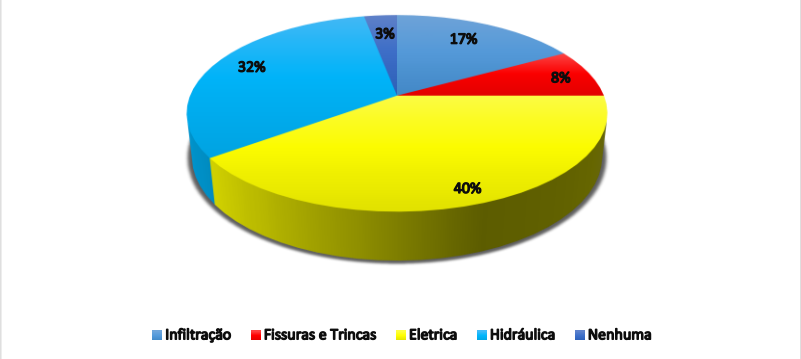


Figura 24 – Problemas econtrados nas edificações

Fonte: SOARES *et al 2014.*

Waldhelm (2014), com objetivo de identificar as manifestações patológicas mais frequentes em unidades habitacionais classificadas como de baixo padrão em um bairro consolidado em Londrina-PR, concluiu que dentre os elementos analisados: fundações, pisos, paredes, revestimentos, pintura, estrutura de concreto, aberturas, coberturas e instalações, todos apresentaram patologia, apresentando uma baixa qualidade final decorrente de problemas de Projetos, Execução e Manutenção.

No mesmo sentido é o estudo feito por Carraro (2010) nas habitações de interesse social do PMCMV, em análise Pós-Obra na cidade de Umberlândia-MG, que verificou o surgimento de fissuras, trincas, descolamento de revestimentos, irregularidades no acabamento e presença de umidade. Não fugindo muito das patologias encontradas neste tipo de conjunto residencial na Cidade de Campo Mourão, no estado do Paraná, em pesquisa desenvolvida por Bijora (2013), onde o registro das principais patologias encontradas nas residencias podem se visto na figura 2 abaixo.

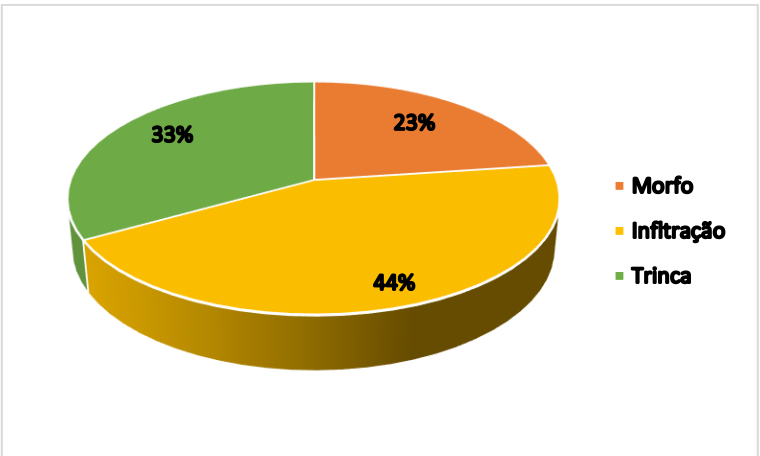


Figura 25 – Patologias Identificadas

Fonte: BIJORA (2013)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Com isso é possível perceber que mesmo variando de regiões do país como, Sudeste, Centro Oeste, Sul, as patologias identificadas nos conjuntos habitacionais do Programa Minha Casa, Minha Vida, são praticamente as mesmas, com divergência apenas de índice por região.

Na Região Nordeste, assim como nas demais regiões, as habitações do PMCMV também apresentam problemas, como será abordado adiante em estudo feito na cidade de Juazerio do Norte no estado do Ceará.

3. Delineamento da pesquisa

3.1 Definição da amostra

Dentre alguns, conjuntos do programa Minha Casa, Minha Vida, na cidade de Juazeiro do Norte-CE, a escolha por este especificamente, foi devido ao seu tempo de entrega aos proprietários. As unidades habitacionais foram entregues aos seus moradores no início do segundo semestre do ano de 2014, sendo o conjundo constituído de 713 casas, distribuídas em 18 quadras. São casas térreas com área construída de 43,85m² encravadas em terreno que mede 6m de frente por 20m de fundos totalizando uma área de 120m², possuindo a seguinte divisão interna: varanda, sala de estar/jantar, dois quartos, banheiro social e cozinha, conforme demonstrado na figura 3 abaixo.

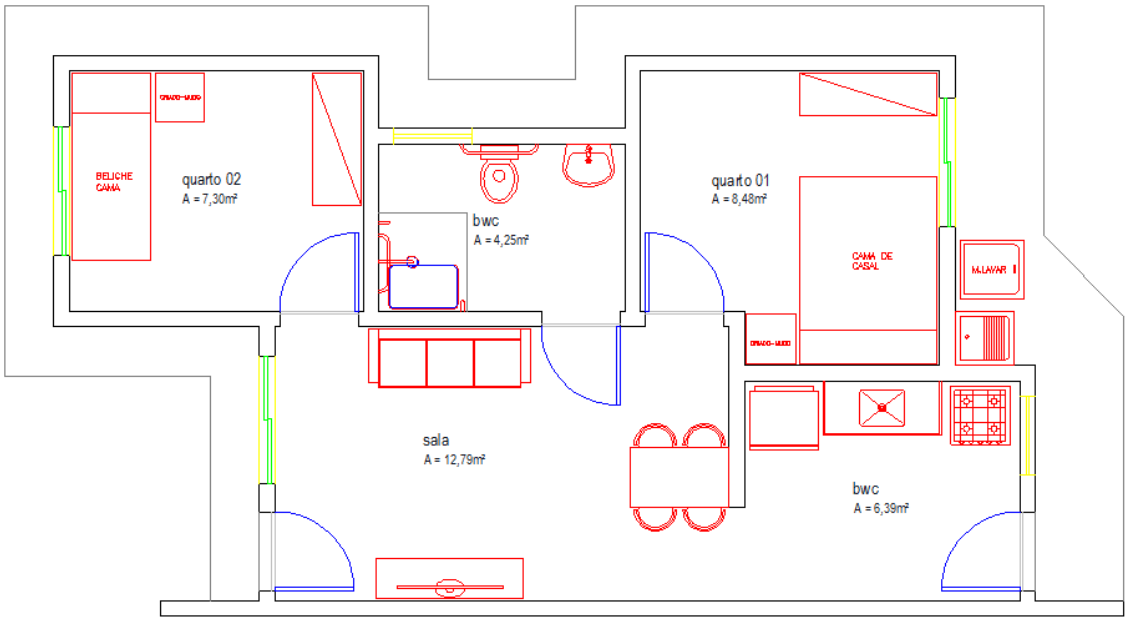


Figura 26 – Planta padrão das unidade habitacionais

Fonte: ITEC, 2017

ISBN: 978-85-65425-32-2

Para a definição das unidades usadas na amostra foram utilizados como base os boletins de ocorrência registrados na Caixa Econômica Federal e relatadas, pelos próprios moradores. De acordo com a cartilha de direitos e deveres dos proprietários a responsabilidade pelos vícios construtivos é da construtora e não da CAIXA, no entanto, caso não obtenha resposta da construtora, pode recorrer à Caixa Econômica Federal, ou mesmo ao PROCON.

Com o registro foi possível identificar quais foram as patologias que se apresentaram com maior frequência, como mostra a imagem do fluxograma abaixo.

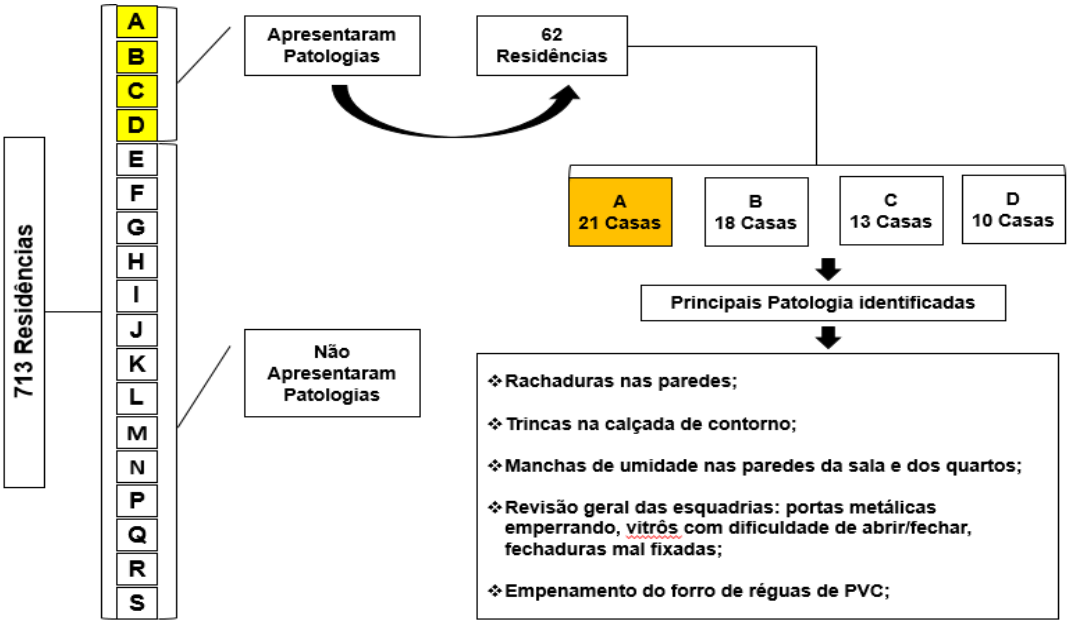


Figura 27 – Fluxograma da determinação da amostra da pesquisa

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017.

A amostra total composta por 104 casas localizadas nas quadras A, B, C e D, pois estas apresentaram boletins de ocorrência junto ao orgão financiador. No fluxograma a ausência da descrição de patologias nas demais quadras, significa que não houve denúncia referente às mesmas.

3.2 Coleta e tabulação de dados

Inicialmente foi realizada uma análise documental, por meio de projetos, relatório de vistoria técnica, boletins de ocorrência junto ao órgão financiador (Caixa Econômica Federal) e registro fotográfico.

Após a coleta de dados, os registros foram organizados para tabulação e análise dos mesmos. Na tabulação utilizou-se o Excel, para criação de tabelas e geração de gráficos, facilitando a análise e interpretação dos resultados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. APRESENTAÇÃO E DISCUÇÃO DOS RESULTADOS

Ao analisar a amostra estudada foi possível identificar que no intervalo de três anos após a entrega das casas aos seus proprietários, 60% (sessenta por cento) das casas analisadas apresentaram algum tipo de manifestação patológica.

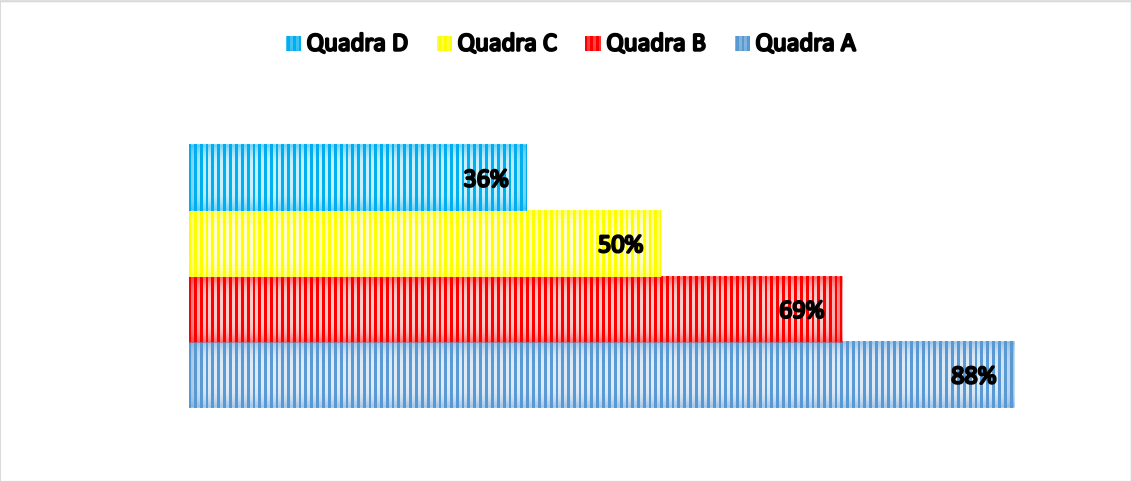
Como pode ser visto na tabela 1 e na figura 5, abaixo estão representados os valores em percentagem de manifestações patológicas. Observa-se que a quadra A tem um maior índice de aparições com 88%, o que não é muito comum, já que está situada no mesmo espaço terrritórial das demais quadras, possui caracteristicas idênticas de projeto, foram ultilizados os mesmos métodos construtivos em todas as quadras e a mesma empresa foi responsável pelas contrução de todas as casas do conjunto estudado. Ocorreu porém, uma divergência de manifestações patólogicas entre elas, e esta diferença é acentuada entre a quadra A e D, da ordem de 52%.

Tabela 1 – Percentagem de manifestações patológicas das quadras A à D, na idade de 3 anos.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

Quadras	Idade	Percentagem %
Quadra A	Três Anos	88%
Quadra B		69%
Quadra C		50%
Quadra D		36%

Figura 28 – Gráfico representando a tabela 1.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2017

ISBN: 978-85-65425-32-2

Através da tabela 1 pode-se verificar que as patologias encontradas foram divididas em subsistemas, com o intuito de organizá-las para que assim fique mais visível a apresentação das manifestações patológicas existentes nas residências. Na sequência são apresentadas as manifestações patológicas de acordo com a divisão do subsistema.

Tabela 2 – Representabilidade dos problemas identificados nos subsistemas

Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

SUBSISTEMAS	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
Fundação/Alvenaria	Rachaduras
Revestimentos	Vazamentos, goteiras
	Infiltração
	Cerâmica descolando
	Reboco caindo
	Fissuras e Trincas
	Forro soltando
	Empenamento do forro
Esquadria	Porta metálica emperrando
	Vitrô com dificuldade de abrir/fechar
	Esquadrias mal fixadas

- Fundação/ Alvenaria

Em vistoria realizada nas residências constatou-se que as fissuras e rachaduras foram as que apresentaram um maior índice de aparições, sendo que essas anomalias foram detectadas principalmente nas salas e dormitórios. As maiores ocorrências são em trechos com presença de aberturas, como em cantos de vãos e aberturas de portas. Este tipo de fissura pode ser ocasionada por ausência de armação e fechamento de porta com força brusca o que pode gerar uma tensão além da admíssivel no entorno dos vãos, conforme pode ser observado na figura 6.

Também foram verificadas fissuras horizontais e verticais como mostram as figuras 7 e 8. Quanto às fundações, o tipo radier, que foi o adotado na construção das casas do PMCMV, a fundação pode ser vista e a parte superior está exposta, o que futuramente pode provocar corrosão da armadura, como mostra a figura 9.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6 – Fissuras em cantos de vãos

Figura 7– Fissura vertical

Figura 8 – Fissura horizontal

Figura 9 – Fundação do tipo radier com parte superior exposta

- Revestimento

De acordo com a plataforma Equipe de Obras, os revestimentos, sejam em superfícies internas ou externas, exercem papel nos ambientes deixando os espaços mais aconchegantes e com uma boa estética. A importante de regularização, impermeabilização, proteção contra intempéries e melhoria das condições termoacústicas casas vistoriadas apresentaram manchas na pintura, problemas de infiltração, forro com placas de PVC soltando, mofo no forro, mudança de coloração de cerâmicas. Segundo entendimento de Carraro (2010) as irregularidades do acabamento, como manchas na pintura e reparos mal executados estão relacionados principalmente à falta de qualidade do material ou à má execução. Nas figuras abaixo estão alguns dos registros das patologias ocorridas no revestimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 10 – Placas de PVC soltando do forro.

Figura 11 – Forro deformado com presença de mofo devido à infiltração de goteiras no telhado

Figura 12 – Manchas de infiltrações

Figura 13 – Cerâmica soltando

Figura 14 - Infiltração na parede e no piso

Figura 15 – Mancha na pintura e mudança nos tons da cerâmica

- Esquadrias

As esquadrias usadas nas casas do conjunto residencial são do tipo metálicas na parte externa, e vitrôs nos banheiros e cozinha, sendo que as portas internas são do tipo prensadas com acabamento pronto.

- ✓ Nas esquadrias externas foram identificadas que estavam emperrando, as quais não apresentavam um coeficiente de dilatação tão acentuado para justificar essa falha, o que evidencia que pode ter sido causado por deformação da alvenaria.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- ✓ Vitrôs com dificuldades de abrir/fechar, essa falha pode-se atribuir à baixa qualidade do material ou devido ao uso, quando à falta de cuidado com o uso de material de limpeza pode desencadear a oxidação nos caixilhos, dificultando seu acionamento.

5. Conclusões

As manifestações patológicas nas unidades habitacionais dos conjuntos residencias do Programa Minha Casa, Minha Vida apresentam patologias semelhantes, mesmo em regiões diferentes do Brasil. O PMCMV oferece moradias com condições acessíveis, porém a qualidade a longo prazo deixa a desejar.

No conjunto residencial Manoel Raimundo de Santana Filho objeto de estudo de caso nesta pesquisa, tomando uma amostra de 14 % (104 casas) do total de unidades do conjunto residencial, das quais 62 casas apresentaram algum tipo de patologia, o que representa 60% da amostra, com aparições de patologias.

Não era objetivo dessa pesquisa fazer um levantamento estatístico ou nem mesmo apresentar soluções, mas sim, apresentar uma contribuição para a comunidade acadêmica com dados referentes aos conjuntos habitacionais na Cidade de Juazeiro do Norte construidos pelo PMCMV, onde o índice de manifestações com maiores ocorrências foi encontrado na alvenaria, revestimentos e esquadrias.

O tempo de vida útil com eficiência adequada, ou seja, sem ocorrência de problemas patológicos, é pequeno considerando que em apenas 3 (três) anos, após a entrega das residências aos usuários, as mesmas apresentam um alto grau de manifestações patológicas, algumas bem severas com inicio de deterioração como é o caso do forro de PVC que está soltando as placas, ou as cerâmicas que estão desgrudando da argamassa.

Como foi explanado na introdução deste artigo a aparição de patologias pode estar relacionada a alguma fase da construção, ao projeto e à execução, onde materiais de qualidade podem amenizar a incidência, porém vale ressaltar que na fase de uso o proprietário, também deve ter cuidados com o uso e ocupação do imóvel. O que pode ser verificado no caso das esquadrias quando foi apontado que a falta de cuidados do proprietário causam aparições de patologias nos caixilhos, dificultando seu uso.

Em suma, espera-se que após a realização deste trabalho e suas explanações, os resultados aqui produzidos sirvam de dados para futuros estudos.

Agradecimentos

Agradecemos a Deus, ao Instituto tecnologico do Cariri-ITEC a Pró- Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa - PRPGP pela bolsa de Iniciação Cientifica a nós concebida, que representa um incentivo à realização desta pesquisa e ao nosso orientador Jefferson Luiz Alves Marinho, por toda a dedicação em todas as etapas deste trabalho.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências Bibliográficas

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 15.575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.

Bijora, H. (2013). *Estudo Sobre A Satisfação Dos Moradores E Principais Patologias Decorrentes De Ampliações Em Residências Construídas Com Recursos Do Programa Minha Casa Minha Vida Na Cidade De Campo Mourão, PR.* Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campos Mourão, 2013.

Carraro, C.L. (2010). *Analise Pós-Obra de Habitações de Interesse Social Visando a Identificação de Manifestações Patologicas*. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Engenharia Civil, Umberlândia-MG. Outubro de 2010.

Menegatti, J.B. *Fissuras em fachadas: análise e incidência em edificios na Cidade de Chapecó-SC*. Monografia. Unochapecó, Chapecó, 2008.

Oliveira, C. B., Sanches, I. D., Zanferdini, A. S., Serra, S. M. B., Fabricio, M. M. (2009). *Avaliação De Desempenho De Habitações Sociais: Patologias Internas.* VI Simposio Brasileiro de Gestão da Economia da Construção – SIMBRAGEC 2009. João Pessoa – PB; Outobro de 2009.

Pina, G. L. (2013). *Patologia Nas Habitações Populares.* Projeto de Graduação. Engenharia Civil da Escola Politécnica. Universidade Federal do Rio de Janeiro; 2013.

Soares, R. C., Carvalho r, K. P., Valin jr, M. O., Rocha, Â. F. (2014). *Verificação De Manifestações Patológicas Em Condomínios Residenciais Do Programa "Minha Casa, Minha Vida" Ocasionados Por Falta De Manutenção Preventiva Da Baixada Cuiabana.* 1° Congresso Brasileiro de Patologia das Construções. Foz do Iguaçu – PR; Maio de 2014.

Waldhelm, C. (2014). *Manifestações Patológicas Em Unidades Habitacionais De Baixo Padrão Do Jardim Colúmbia Em Londrina-Pr.* Dissertação de Mestrado; Universidade Estadual de Londrina; Londrina – PR, 2014.

Pacheco, M., Tutikian, B. (2013). *Boletím técnico*. Inspección, diagnóstico y prognóstico en la construcción civil. Unicinos, Brasil; 2013.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM AMBIENTES ESCOLARES: ESTUDO DE CASO DAS ESCOLAS DE REFERÊNCIA DE PERNAMBUCO

Building Defects Present In School: A Case Study Of Pernambuco' Public Reference High Schools

Diego SILVA[1], **Adegilson** BENTO[2]

[1] Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, dg.diegosalvador@gmail.com

[2] Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, adegilsonjose19@gmail.com

Resumo: Em 2017 o governo do estado em parceria com Ministério da Educação está transformando 36 escolas de ensino regular para tempo integral, para isto, é necessário uma série de melhorias de infraestrutura para que estas possam comportar bem os alunos. Este trabalho teve por objetivo identificar e avaliar as principais manifestações patológicas presentes nas edificações de 18 Escolas de Referência em Ensino Médio (EREMs), distribuídas por 15 cidades em diferentes regiões do estado de Pernambuco. A metodologia consiste em um estudo teórico sobre as manifestações patológicas recorrentes em edificações, e realização de inspeções visuais seguidas de registros fotográficos nas escolas alvo deste estudo. Quatorze escolas apresentaram algum tipo de manifestação patológica, destas, duas com problemas de caráter estrutural (armadura exposta). Os sintomas mais comuns foram: presença de mofo/bolor, que afeta 67% das EREMs visitadas, fissuras e destacamento da pintura em 50%, destacamento do reboco em 33% e presença de vegetação em 22% das escolas. Constatou-se que a maior parte destes problemas estavam associados à presença de água por meio de pontos de infiltração.

Palavras chave: EREMs. Manifestações Patológicas. Inspeções Visuais.

Abstract: In 2017, the state's government, in partnership with the ministry of education, is exchanging 36 part time schools into full-time schools. For this purpose a series of building improvements were required in order to meet the students' needs. The objective of this study was to identify and evaluate the main building defects present in the 18 Public Reference High Schools (EREMs) buildings, in 15 cities in different regions of the state of Pernambuco. The methodology consists of a theoretical study on the recurrent buildings defects, and conducting visual inspections followed by photographic records in the target schools of this study. Fourteen schools presented some type of building defect, among them, two with structural problems (exposed concrete reinforcement). The most common defects were: presence of mold / mildew, which affects 67% of the EREMs visited, fissures and peeling of wall paintings in 50%, peeling plaster in 33% and presence of vegetation in 22% school's wall. It was found that most of these problems were associated with the presence of water infiltration points.

Keywords: EREMs. Building defects. Visual Inspections.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

O estudo e conhecimento das manifestações patológicas são de grande importância porque demonstram a possibilidade de como evitá-las, servindo, desta forma para o aumento da vida útil da edificação e reduzindo gastos com recuperações, pois a prevenção é a forma mais adequada e econômica de se evitar o surgimento e agravamento das manifestações patológicas (SOUZA, 2016).

De acordo com Bertolini (2010), a inspeção é necessária para o diagnóstico do estado de conservação das construções, para a verificação da estabilidade e da segurança das estruturas, previsão da vida residual e para o projeto das intervenções de restauração. A inspeção visual é uma etapa essencial na avaliação de uma estrutura, pois permite a especificação preliminar da manifestação patológica.

As manifestações patológicas podem ser a porta de entrada para desencadeamento de diversos problemas na edificação, além do desconforto estético e da possibilidade de risco de segurança e de saúde, para transeuntes e, sobretudo, usuários (FONSECA, 2016).

A fim de que as atividades escolares aconteçam da melhor forma possível, é necessário que os ambientes da escola se encontrem em boas condições de conservação e uso, de forma a proporcionar conforto aos usuários, seja ele térmico, acústico e principalmente visual. Por isto, medidas de manutenção e adequação da infraestrutura são fundamentais.

Um programa de inspeção visual foi realizado em escolas públicas do estado de Pernambuco, com o intuito de analisar as condições de infraestrutura para que as mesmas sejam adequadas para que se tornem Escolas de Referência em Ensino Médio. Um dos aspectos observados nas visitas técnicas foi a presença de manifestações patológicas nos ambientes escolares. Foram visitadas 18 escolas, em diversas regiões do estado. Com isto, pôde-se fazer um diagnóstico da situação atual destas, que poderá servir como base para o projeto de restauração e adequação da infraestrutura.

2. Manifestações Patológicas

2.1 Trinca e Fissura

Segundo Corsini (2010), as trincas e fissuras podem ocorrer tanto na alvenaria quanto nas peças de concreto, surgindo não apenas na parte estrutural, mas também, nos revestimentos da edificação. Podendo ser acarretadas geralmente por:

- Mau uso da estrutura, nos casos de sobrecarga na mesma;
- Variações de temperatura, principalmente na interface de materiais distintos;
- Retração e expansão, em função de erros de dosagem;
- Deformação de elementos da estrutura de concreto armado;
- Recalque de fundações, principalmente nos casos em que acontece em forma diferencial,
- Reações químicas, que resultam em outras manifestações patológicas como, por exemplo, a reação álcalis e agregado; ou
- Detalhes construtivos, como ausência de juntas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Segundo Bertolini (2010) é possível distinguir trincas e fissuras da seguinte maneira: as fissuras são encontradas na superfície dos elementos e são finas e alongadas não apresentando riscos a estrutura, já as trincas apresentam maior risco aos usuários, porque seccionam o elemento em duas partes, sendo importante um acompanhamento da mesma por um profissional afim de determinar sua causa e origem para que seja realizada uma correta recuperação.

2.2 Corrosão de armaduras

A corrosão de armaduras por sua vez trata da degradação das barras de aço presentes no concreto, que acontece quando a barreira física (cobrimento) que protege as armaduras e a porosidade do concreto permitem a entrada de agentes agressivos dando início ao processo de corrosão. Essa manifestação patológica acarreta desde a perda da seção e massa do aço podendo chegar até a fissurar a peça ou causar o desplacamento do cobrimento de concreto que envolve as armaduras, devido aos produtos expansivos da reação de corrosão, possibilitando a entrada de agentes agressivos, além da formação de manchas superficiais (SOARES *et al*, 2015).

De acordo com Isaia (2007), a corrosão eletroquímica possui algumas tipologias de acordo com sua manifestação. Sendo uniforme, quando se apresenta em toda a superfície, puntiforme ou por pite, quando se manifesta em áreas específicas sob a forma de pites, intergranular (ou intercristalina), quando ocorre na rede cristalina do metal, transgranular (ou intragranular ou trancristalina), leva a fratura da estrutura quando há esforços mecânicos, devido a corrosão dos grãos da rede cristalina do metal e Fragilização pelo hidrogênio, quando manifesta-se pela ação do hidrogênio atômico.

A partir do diagnóstico feito através de uma avaliação sistemática da corrosão, define-se o tipo de recuperação, podendo ser desde uma limpeza nas barras deterioradas finalizando com tintas anticorrosivas ou até a substituição das barras de alguns trechos por novas barras de aço inoxidável, garantindo a função estrutural do elemento (ARAUJO *et al*,2014).

2.3 Destacamento da pintura

As pinturas formam uma película em volta da estrutura, que desempenha não só papel estético, mas tem como principal função a proteção contra as intempéries. Para atingir tal efeito, alguns cuidados são necessários como a preparação do substrato que precisa ser limpo eliminando as partes soltas ou mal aderidas, livre de umidade ou até outras instruções específicas para cada fabricante.

Segundo Lima (2010), o aparecimento de manifestações patológicas em superfícies revestidas com tinta está ligada a fatores como a umidade da superfície e a superfície mal preparada sendo o destacamento, resultado da queda da tinta em forma de escamas ou placas, o esfarelamento que é quando a tinta se transforma em pó e se desprende da estrutura e o gretamento, conhecida popularmente como efeito couro de crocodilo, trata-se da queda da película da tinta como as principais.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.4 Descolamento do reboco

O revestimento argamassado é feito em camadas sendo elas: o chapisco, que serve para melhorar a aderência do revestimento, o emboço, camada de regularização e reboco, camada de acabamento final que pode ou não receber revestimento decorativo. O descolamento por sua vez é definido coma a falta de aderência destas camadas (ABCP, 2002).

O descolamento do revestimento argamassado se dar principalmente pela Incorreta dosagem da argamassa, que pode resultar em uma mistura muito rígida e incapaz de resistir às movimentações; além da má aderência e retração, pelo aumento de volume devido a reação de hidratação retardada pela cal ou pela falta de aderência da base devido à falta de limpeza, presença de umidade, fissuras ou presença de vegetação ou microrganismos (GIORDANI, 2016).

2.5 Vegetação

Uma planta precisa de luz, terra e água para crescer e se desenvolver, dessa forma o aparecimento de vegetação parasitária nas edificações se dá pela associação destes fatores, quando a edificação apresenta acumulação de detritos em elementos arquitetônicos, fissuras ou juntas sem manutenção, que servirão de substrato para a planta, presença de umidade, podendo ou não estar associada a vazamentos e incidência solar possibilita o desenvolvimento de vegetação parasitária, principalmente quando não se faz uma manutenção periódica do empreendimento.

2.6 . Mofo e bolor

A umidade é um dos principais responsáveis pelo aparecimento de manifestações patológicas, decorrente normalmente de infiltrações e vazamentos, criando um ambiente propício para o desenvolvimento de microrganismos como as espécies de fungos do mofo e do bolor. Outros fatores como o substrato, a ventilação ou a temperatura do ambiente, que também resultam no aparecimento desse tipo de manifestação (CASTRO e MARTINS, 2014; GALDINO, 2016).

O surgimento de fungos aderidos as superfícies das estruturas, interferem de maneira estética, pois criam uma camada escura que varia de preto e marrom ao verde, ou ocasionalmente, manchas claras esbranquiçadas ou amareladas, além de prejudicar a saúde de moradores portadores de alergias e doenças respiratórias (VELOSO *et al*., 2016).

Essas manifestações patológicas, quando em estado avançado, exigem normalmente a recuperação de parte da superfície ou troca do revestimento visto que os microrganismos uma vez aderidos à estrutura começam a se alimentar da mesma, sendo o controle da umidade e o uso de uma pintura fungicida, na maioria dos casos, a solução mais adequada para sanar os efeitos desse tipo de manifestação patológica (GALDINO, 2016).

ISBN: 978-85-65425-32-2

3 Estudo de caso

3.1 Descrição da amostragem

O estado de Pernambuco tem 332 Escolas de Referência em Ensino Médio, destas, 36 foram implantadas este ano em parceria com o Ministério da Educação (MEC) e estão passando por processos de adequações estruturais, administrativas e pedagógicas. Estas escolas funcionam em tempo integral, de forma que os alunos entram às 7:30h e saem às 17:00h, eles têm nove horas/aula e realizam três refeições diariamente.

Este trabalho apresenta os resultados das inspeções visuais realizadas em 18 escolas distribuídas pela Região Metropolitana, Zona da Mata, Sertão do Alto Pajeú, Sertão Central e Sertão do Araripe do estado de Pernambuco. A Figura 1 apresenta o mapa de localização das escolas objeto deste estudo. O Quadro 1 apresenta a relação das cidades e as respectivas EREMs que foram visitadas, os anos de fundação e a última reforma.

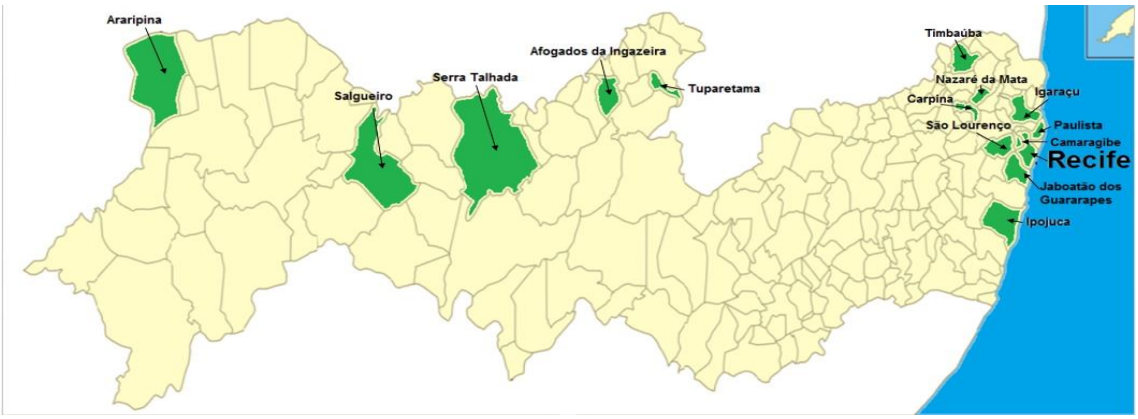


Figura 1 – Mapeamento das cidades que foram visitadas

Fonte – Autores, 2017.

Quadro 1 – Cidades e EREMs visitadas com suas respectivas datas de fundação e última reforma

CIDADE	ESCOLA	FUNDAÇÃO	REFORMA
Recife	EREM Lagoa Encantada	1982	2001
Recife	EREM Professor Fernado Mota	1974	1994
Camaragibe	EREM Professor Antonio Carneiro Leão	1967	1990
Paulista	EREM Escritor José de Alencar	1994	-
Paulista	EREM de Paulista	1961	2000
Igarassu	EREM Brasilino José de Carvalho	1974	1982
Jaboatão dos Guararapes	EREM Murilo Braga	1987	-

ISBN: 978-85-65425-32-2

Ipojuca	EREM José Mario Alves da Silva	1983	2015
São Lourenço da Mata	EREM Professor Agamenon Magalhães	1980	2009
Timbaúba	EREM Jornalista Jader de Andrade	1974	2001
Timbaúba	EREM Professor Jose Mendes da Silva	1964	2008
Carpina	EREM José de Lima Júnior	1970	-
Nazaré da Mata	EREM Maciel Monteiro	1922	2001
Tuparetama	EREM Conego Olimpio Torres	1987	2012
Afogados da Ingazeira	EREM Normal Estadual	1954	1997
Serra Talhada	EREM Irnero Ignácio	1984	2010
Salgueiro	EREM Carlos Pena Filho	1956	2007
Araripina	EREM Padre Luiz Gonzaga	1950	2009

Fonte – Autores, 2017.

Os reparos pontuais não foram considerados como reformas. Todas estas escolas recebem suprimentos institucionais (verbas) destinados para realização de medidas de manutenção, como pintura e capinação.

3.2 Inspeção preliminar

As inspeções tiveram por objetivo identificar os problemas pontuais, que comprometessem a boa vivência dos alunos na edificação, afim de que as adequações da infraestrutura, consideradas necessárias para o bom funcionamento das atividades escolares, fossem planejadas. Com isto, as calçadas e muradas das escolas não fazem parte do foco deste trabalho.

Nas visitas técnicas realizadas, vistoriou-se e efetivou-se o registro fotográfico de todos os ambientes internos presentes na escola, dentre eles: salas de aula, banheiros, cozinha, auditório, biblioteca, laboratórios, refeitório, secretaria, diretoria, almoxarifado, quadra, pátio e passeios.

4 Resultados e discussões

O Quadro 2 resume as EREMs e as respectivas manifestações patológicas encontradas. A EREM de Paulista, EREM Normal Estadual, EREM Irnero Ignácio e a EREM José Mario Alves da Silva, não apresentaram manifestações patológicas, encontrando-se em ótimo estado de uso e conservação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 2 – Manifestações patológicas incidentes nas escolas

CIDADE	ESCOLA	Fissura	Armadura exposta	Destacamento da pintura	Descolamento do reboco	Vegetação	Mofo e Bolor
Recife	EREM Lagoa Encantada	X				X	X
Recife	EREM Professor Fernado Mota			X			X
Camaragibe	EREM Prof. Antonio Carneiro Leão	X	X		X	X	X
Paulista	EREM Escritor José de Alencar	X		X	X		X
Paulista	EREM de Paulista						
Igarassu	EREM Brasilino José de Carvalho	X		X			
Jaboatão dos Guararapes	EREM Murilo Braga			X	X	X	X
Ipojuca	EREM José Mario Alves da Silva						
São Lourenço da Mata	EREM Prof. Agamenon Magalhães	X	X	X	X	X	X
Timbaúba	EREM Jornalista Jader de Andrade	X		X	X		X
Timbaúba	EREM Prof. Jose Mendes da Silva	X					X
Carpina	EREM José de Lima Júnior	X		X	X		X
Nazaré da Mata	EREM Maciel Monteiro						X
Tuparetama	EREM Conego Olimpio Torres	X		X			X
Afogados da Ingazeira	EREM Normal Estadual						
Serra Talhada	EREM Irnero Ignácio						
Salgueiro	EREM Carlos Pena Filho						X
Araripina	EREM Padre Luiz Gonzaga			X			

Fonte – Autores, 2017.

A EREM Professor Agamenon Magalhães, localizada na cidade de São Lourenço da Mata, foi a única escola que apresentou todas as manifestações patológicas analisadas neste trabalho.

4.1 Fissuras

Foram detectadas fissuras em nove das quatorze escolas estudadas. Na EREM Professor Agamenon Magalhães, como pode ser observado na Figura 2, foram constatadas fissuras paralelas à armadura com princípio de descolamento do reboco, nas áreas internas de duas salas de aula. Nas demais escolas as fissuras se encontravam principalmente nos reservatórios de água (Figura 3) e pelos passeios e pilares (Figuras 4 e 5).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 – Fissura com destacamento do reboco na EREM Prof. Agamenom Magalhães
Fonte – Autores, 2017.

Figura 3 – Fissuras no reservatório de água da EREM Conego Olimpio Torres.
Fonte – Autores, 2017.

Figura 5 – Fissura em um pilar na EREM Professor José Mendes
Fonte – Autores, 2017.

Figura 4 – Fissura em um pilar na EREM Brasilino José de Carvalho
Fonte – Autores, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

As fissuras presentes nos elementos estruturais (vigas e pilares) de forma paralela à armadura, são indicativas do processo de corrosão da armadura, ou de falha no dimensionamento da armadura. Uma análise mais detalhada deve ser realizada, para que se possa ter um diagnóstico mais completo que sirva de base para os projetos de restauração dessas estruturas.

4.2 Armadura exposta

Apenas nas EREMs Professor Agamenon Magalhães e Professor Antonio Carneiro Leão constatou-se a presença de armadura exposta (Figura 6), que pode ser atribuído à falta do recobrimento mínimo estabelecido pela NBR 6118 (ABNT, 2014) associado à presença de água e consequente corrosão da armadura.

Recomenda-se uma análise mais detalhada da influência desta manifestação patológica no comportamento da estrutura dessas escolas.

Figura 5 – Armadura exposta EREM Professor Agamenon Magalhães

Fonte – Autores, 2017.

A cor amarronzada observada na Figura 6, deve-se a uma pintura que foi realizada por um funcionário da escola.

4.3 Destacamento da pintura

Foi observado o destacamento da pintura (Figuras 7 e 8) em 50% das escolas visitadas. Apenas na EREM Murilo Braga esta manifestação patológica foi encontrada na área interna da sala de aula, nas demais escolas apareceram principalmente em áreas abertas sujeitas às intempéries.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 7 – Destacamento da Pintura na EREM Escritor José de Alencar

Fonte – Autores, 2017.

Figura 8 – Destacamento da pintura na EREM Brasilino José de Carvalho

Fonte – Autores, 2017.

4.4 Descolamento do reboco

Observou-se o descolamento do reboco em quatro EREMs. Uma das principais causas alegadas pelos gestores dessas escolas é que os próprios alunos “furam” as paredes com objetos cortantes e aos poucos vão “escavando” e agravando mais a situação. As Figuras 9 e 10 apresentam essa manifestação patológica encontrada na EREM Murilo Braga.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 9 – Descolamento do reboco na EREM Murilo Braga

Fonte – Autores, 2017.

Figura 10 – Descolamento do reboco na EREM Jornalista Jader de Andrade

Fonte – Autores, 2017.

Outro fator que está diretamente associado à presença de destacamento do reboco observados em cobertas, é a presença de pontos infiltração, que quando não identificados e devidamente solucionados consequentemente geram este problema.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.5 Presença de vegetação

A vegetação considerada como manifestação patológica foi a encontrada sobre os elementos construtivos (passeios, valas, calhas, etc.), não foi levado em consideração os jardins devidamente cultivados nas escolas. As Figuras 11 e 12 mostram a presença de plantas em áreas calçadas no interior das escolas.

Figura 11 – Presença de vegetação na EREM Professor Antonio Carneiro Leão

Fonte – Autores, 2017.

Figura 12 – Presença de vegetação na EREM Lagoa Encantada

Fonte – Autores, 2017.

Quatro EREMs apresentaram presença de vegetação em ambientes externos, sujeitos a presença de pássaros e contato direto com a água. Outro fator a ser considerado é a falta de manutenção e capinação destes ambientes, tendo em vista que todas as escolas de Pernambuco recebem verbas exclusivas para estes fins.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.6 Mofo e Bolor

A presença de mofo e/ou bolor foi considera como uma única manifestação patológica, devido às limitações de acesso para melhor visualização. Com isto, foi constatado presença de mofo e bolor em oito escolas, em ambientes com pontos de infiltrações e locais descobertos (Figura 13), ocorreu principalmente nos reservatórios de água (Figuras 14 e 15).

Figura 13 – Presença de Mofo e Bolor na EREM Maciel Monteiro
Fonte – Autores, 2017.

Figura 14 – Presença de vegetação na EREM Carlos Pena Filho
Fonte – Autores, 2017.

Figura 15 – Presença de mofo e bolor na EREM Fernando Mota

Fonte – Autores, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5 Conclusões

O presente trabalho possibilitou realizar uma análise das principais manifestações patológicas presentes em escolas da rede estadual de ensino, denominadas Escolas de Referência em Ensino Médio. Dezoito escolas fizeram parte do objeto de estudo, destas, quatro não apresentaram nenhum tipo de manifestação patológica e outras duas apresentaram apenas nos reservatórios de água.

Os principais problemas encontrados foram: presença de mofo/bolor, que afeta 67% das EREMs visitadas, fissuras e destacamento da pintura em 50%, deslocamento do reboco em 33% e presença de vegetação em 22% das escolas. A EREM Professor Agamenon Magalhães foi a única a apresentar todos esses sintomas.

As EREMs Professor Agamenon Magalhães e Professor Antonio Carneiro Leão apresentaram, dentre outros problemas, fissuras e armadura exposta. Deve-se realizar estudos mais específicos para que se tenha conhecimento da influência que estas manifestações patológicas estão exercendo sobre a estrutura das mesmas.

De forma geral, as salas de aula encontraram-se em bom estado de conservação, fato de muita relevância, pois é o local onde os alunos passam a maior parte do tempo, e o aspecto visual é essencial para promover uma sensação de conforto e bem-estar para os estudantes e funcionários.

As manifestações patológicas encontradas nas escolas quase sempre estavam associadas à presença de água, principalmente por meio de pontos de infiltração, o que evidencia a falta de manutenção das mesmas. Recomenda-se que medidas de prevenção e manutenção sejam tomadas a fim de que os problemas detectados não se agravem ainda mais.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, que me iluminou e sempre me deu perseverança ao longo de todo o desenvolvimento dessa pesquisa.

Agradeço à minha orientadora Profª. Drª. Stela Fucale Sukar, por todo apoio, paciência e aprendizado que pude adquirir nestes 2 anos de convivência.

Ao meu amigo Adegílson, que contribuiu significativamente no esboço deste trabalho. Aos meus colegas e parceiros de trabalho: Luíz, Emanuela, Helena, Lea, Rair, Cristina, por todo apoio e incentivo diário.

Agradeço a todos que fazem parte da Secretaria Executiva de Educação Profissional (SEEP), na pessoa do secretário executivo Prof. Paulo Dutra, que permitiu a divulgação das informações desta pesquisa.

Agradeço em especial à minha querida chefe de trabalho Josefa Rifa, por todo aprendizado e confiança depositados sobre o meu trabalho. Agradeço também às Professoras Alessandra e Zélia, que sempre me dão um imenso apoio nas minhas questões acadêmicas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Aos professores da Escola Politécnica de Pernambuco (POLI-UPE), a qual tenho muito orgulho de ser discente.

Aos meus amigos e familiares, que sempre estão rezando por mim e torcendo pelo meu sucesso.

À minha Mãe Dinair e minha Irmã Luedja, por toda força e incentivo prestado, minhas fontes de inspiração.

Agradeço a todos que ajudaram de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

ARAUJO, A.; Moreira, Anna Ramus; Panossian, Zehbour. Extensão da vida útil das estruturas de concreto com uso de armaduras de aço-carbono revestidas ou de aço inoxidável. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CORROSÃO, INTERCORR. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. Manual de Revestimentos de Argamassa. São Paulo: Abcp, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014). *NBR 6118:* Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro.

BERTOLINI, L. (2010). Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção. *São Paulo: Oficina de Textos*.

CASTRO, Maicon Dioni de; MARTINS, Renato Moser. Análise e sugestões terapêuticas das manifestações patológicas de infiltração de um edifício com mais de 20 anos: estudo de caso. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

CORSINI, R. Projetos: Trinca ou fissura? Revista Téchne. julho, 2010. Disponível em: http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/160/trinca-ou-fissura-como-se-originam-quais-os-tipos-285488-1.aspx. Acesso em: Agosto de 2017.

FONSCECA, J., Oliveira, A., Cavalcanti, M., Silva, D. (2016). Investigação das Manifestações Patológicas de uma residência zoneada na região metropolitana do Recife-P – SEMIPAR 2016, Recife, Pernambuco, agosto de 2016.

GALDINO, Laís Rayelle Nunes *et al*. Estudo de Caso: Patologias mais Decorrentes nas Residências da Comunidade Rafael. Ciências exatas e tecnológicas. Maceió, 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

GIORDANI, A. Z. (2016). Levantamento e diagnóstico das manifestações patológicas em fachadas de edificações localizadas no campus da UFSC.

ISAIA, G. C. (editor) Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais. 2v. 1721 p. São Paulo: Ibracon, 2007.

LIMA, A. C. S. (2010). *Manifestações Patológicas nas Edificações Escolares na Rede Municipal ne Criciúma: Levantamento e Análise Sobre a Recorrência.* 2010. 161p. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

SOARES, A. P. F., Vasconcelos, L. T., & Nascimento, F. B. C. D. (2015). Corrosão em Armadura de Concreto. *Ciências exatas e tecnológicas. Maceió*, *3*(1), 177-188

SOUZA, L., Silva, D., Fonseca, J., Silva, D., Monteiro, E. Levantamento de Manifestações Patológicas das Edificações de uma Instituição de Ensino Superior da Região Metropolitana do Recife/PE. XII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas – CINPAR 2016, Porto, Portugal, outubro de 2016.

VELOSO, Clovis; RODRIGUES, Henrique; PINHO, João; NASCIMENTO, Ingridy ; BARBOSA, José ; LORDSLEEM, Alberto. Análise das Manifestações Patológicas Existentes nas Fachadas das Edificações Localizadas no Bairro do Recife/PE. Anais do Seminário de Patologia e Recuperação Estrutural. Recife, 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UNIDADES BÁSICAS DE SAÚDE PÚBLICA DA CIDADE DO PAULISTA/PE: ESTUDO DE CASO

Pathological Manifestations In Basic Public Health Units Of The City Of Paulista / Pe: Case Study

Ismaylly NASCIMENTO[1], **Dione** SILVA[2], **Adegilson** BENTO[3]

[1]Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, ismaylly.michel@gmail.com

[2]Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, dione_luiza@hotmail.com

[3]Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, adegilsonjose19@gmail.com

Resumo: Um fator preponderante para o surgimento de manifestações patológicas em edificações públicas é a falta de manutenções preditivas e preventivas, normalmente são realizadas apenas manutenções de reparo ou recuperações corretivas, ou seja, quando existe um risco eminente para os usuários. Isto resulta em um maior custo, prejudicando o investimento em novas obras e políticas de incentivo social. Este estudo objetivou identificar e avaliar as manifestações patológicas mais frequentes em unidades básicas de saúde pública da cidade do Paulista/PE, assim como investigar suas possíveis causas e sugerir procedimentos de reparo e recuperação dos locais deteriorados. Para obtenção do diagnóstico dos problemas encontrados neste estudo de caso foi utilizado o método proposto por Lichtenstein que é composto por três etapas. A primeira foi o levantamento de informações, composta por uma vistoria ao local, uma investigação sobre a edificação e o histórico do problema. Após esta etapa deu-se início a elaboração do diagnóstico através do material coletado, nesta fase foi estabelecida relações de causa e efeito que caracterizam o mecanismo de degradação, contribuindo para o melhor entendimento do problema. Por fim, foi feita a definição de conduta para erradicar o problema, contendo o procedimento indicado. Depois de realizadas todas estas etapas os resultados mostraram que 100% das unidades vistoriadas apresentaram a presença de manifestações patológicas.

Palavras-chave: Manifestação patológica. Diagnóstico. Tratamento.

Abstract: A preponderant factor for the appearance of pathological manifestations in public buildings is the lack of preventive and preventive maintenance, usually only maintenance of repair or corrective recoveries, that is, when there is an imminent risk for the users. This results in a higher cost, harming investment in new works and social incentive policies. This study aimed to identify and evaluate the most frequent pathological manifestations in basic public health units in the city of Paulista / PE, as well as to investigate their possible causes and suggest procedures for repair and recovery of impaired sites. To obtain a diagnosis of the problems found in this Case study was used the method proposed by Lichtenstein which is composed of three stages. The first was the collection of information, consisting of a site survey, an investigation of the building and the history of the problem. After this stage the

ISBN: 978-85-65425-32-2

diagnosis was made through the collected material, in this phase, cause and effect relationships were established that characterize the degradation mechanism, contributing to a better understanding of the problem. Finally, the definition of conduct to eradicate the problem was made, containing the indicated procedure. After all these steps, the results showed that 100% of the surveyed units presented the presence of pathological manifestations.

Keywords: Pathological manifestation. Diagnosis. Treatment.

1 INTRODUÇÃO

A presença de manifestações patológicas é algo comum de acontecer com o passar do tempo em uma edificação, seja ela pública ou privada, e as mudanças decorrentes desse fato acarretam uma alteração na durabilidade e consequentemente na vida útil dos seus componentes. Além do problema estético, as manifestações patológicas aumentam os riscos na segurança e na saúde das pessoas que utilizam e transitam por aquele local (FONSECA *et al.*, 2016).

Desde o início do processo construtivo podem surgir erros que comprometam as condições de desempenho, durabilidade e estabilidade das edificações. Imperfeições na fase de projeto, má escolha de material a ser utilizado na obra, falha no processo construtivo, são possíveis fatores de manifestações patológicas antes da entrega da obra. Por esta razão, um bom planejamento é à base de sustentação de uma construção bem sucedida. Posteriormente, cabe ao construtor orientar o proprietário sobre as devidas manutenções e utilizações do imóvel, a fim de evitar na fase de uso o aparecimento precoce de imperfeições na estrutura, visto a ingerência da falta de manutenção na degradação antecipada de habitações.

Diante do que foi exposto, o presente estudo apresenta as manifestações patológicas mais recorrentes nas unidades básicas de saúde (UBS) da cidade do Paulista, em Pernambuco. Com o objetivo de investigar as possíveis causas e propor técnicas de reparo e recuperação das áreas afetadas, na expectativa de assim contribuir para a disseminação do conhecimento de patologia na construção civil e auxiliar os encarregados nas medidas cabíveis.

2 DURABILIDADE DAS EDIFICAÇÕES

Uma edificação é um bem durável, e a presença de manifestações patológicas afeta sua durabilidade e faz com que a estrutura apresente um desempenho insatisfatório.

2.1 Durabilidade, vida útil e desempenho

Durabilidade pode ser entendida como a capacidade de uma estrutura manter sua resistência em condições normais de serviço durante a vida útil desejada e especificada (NEVILLE, 2016).

ISBN: 978-85-65425-32-2

É notório que, o conceito de durabilidade está vinculado a vida útil. Para Possan e Demoliner (2013), vida útil é o período de tempo existente entre o início de operação de uma edificação e seu respectivo uso até o momento em que ela deixa de atender as exigências do usuário.

Desempenho pode ser definido como o comportamento de uma edificação e de seus sistemas em uso. O desempenho pode variar de um usuário para outro, pois dependem de duas variáveis, as exigências e os cuidados (POSSAN e DEMOLINER, 2013).

2.2 Manutenção

Uma das causas de problemas encontrados em uma edificação é a falta ou a inexistência de atividades de manutenção, por isso é importante a criação de políticas de manutenções preventivas para atuarem de forma a combater a origem do problema, evitando o seu desenvolvimento e possíveis danos a estrutura.

Conforme a NBR 5674 (ABNT, 2012), manutenção é o conjunto de atividades realizadas a fim de manter ou recuperar a capacidade funcional do imóvel e de suas partes constituintes atendendo as necessidades do usuário com eficácia e segurança.

Para Villanueva (2015), a manutenção tem como resultado o prolongamento da vida útil da edificação, através da estratégia empregada ocorre a reconstrução de níveis de desempenho perdidos, mantendo as condições de uso.

3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A Patologia das construções é a ciência encarregada por estudar as origens, produtos, e mecanismos que geram problemas e acabam por deteriorar a estrutura (ARIVABENE, 2015). Partindo deste princípio, obter o conhecimento sobre manifestações patológicas possibilita a escolha da melhor intervenção para cada situação.

3.1 Umidade

Questões relacionadas à umidade retratam um dos grandes transtornos em uma edificação durante sua vida útil, e ela é bastante frequente devido aos inúmeros fatores a qual ela está atrelada, como por exemplo, clima, idade da construção, e aos materiais e técnicas utilizadas durante a construção (Parisi Jonov *et al*., 2013).

3.2 Trincas, fissuras

Segundo Thomaz (2013), a trinca é definida como a fratura da estrutura de uma placa resultando na divisão da mesma em duas ou mais partes, apresentando perda da integridade da superfície.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Barreto, *et al.* (2016) diz que fissuras são pequenas aberturas que surgem na superfície da placa sem causar sua separação. Enquanto as trincas são encontradas no corpo da placa, e provocam a separação das placas.

Uma possível causa do aparecimento dessas manifestações é a variação da temperatura e da umidade, responsáveis pela retração e dilatação das camadas de revestimentos. Thomaz (2013) explica que estas variações criam um estado de tensões internas que ao ultrapassarem o limite da resistência da placa causam trincas e fissuras.

Conforme Monteiro (2016), em casos que essas anomalias permanecem por um longo intervalo de tempo na estrutura, pode ocasionar o surgimento de outras manifestações patológicas. Por exemplo, a presença de trincas pode dar início ao deslocamento de placas cerâmicas e ao aparecimento de eflorescências.

3.3 Bolor

Segundo Dias *et al*. (2004), em casos de precipitações por longos períodos, a concentração de umidade permanecerá alto, dificultando a secagem e a absorção recorrente pelo fato da umidade relativa estar alta. Como o ambiente nessas circunstâncias mantém a concentração conteúdo de água elevada, ocorre o favorecimento no processo de formação de bolor e manchas superficiais.

4 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso se trata de uma investigação nas edificações para a realização de um levantamento das manifestações patológicas do local, para que posteriormente fosse realizada uma avaliação dos problemas e por fim uma sugestão de tratamento.

4.1 Caracterização das edificações

A cidade do Paulista é um município da Região Metropolitana do Recife (RMR), o município ocupa uma área de 97,31 km² (IBGE, 2015), e possui 53 estabelecimentos de saúde (IBGE, 2009). Para levantamento e análise das manifestações patológicas escolheram-se dentro do município 3 unidades básicas de saúde localizadas em bairros distintos. As unidades básicas de saúde foram inauguradas entre os anos de 2014 e 2015, e seguem o modelo de uma UBS Porte I exposto pelo Ministério da Saúde. Possuem uma área mínima a ser construída de 153,24 m², sendo 127,7m² deste total dividida entre os 14 ambientes da unidade (recepção, sala de espera, dois consultórios comuns, consultório ginecológico, sala de procedimentos, sala exclusiva de vacinas, sala de curativos, sala de reuniões, copa/cozinha, área de depósito de materiais de limpeza (DML), sanitário para o público adaptado para deficientes físicos, banheiro para os funcionários e sala de utilidades). As edificações apresentam estrutura em concreto armado com paredes de vedação compostas por blocos cerâmicos, cobertas com estrutura de madeira aparelhada e telhas de fibrocimento onduladas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.2 Metodologia adotada para o levantamento

Para a realização da inspeção visual das edificações do presente artigo, foram adotadas 3(três) etapas propostas por Lichtenstein (1985), que consistiram em: levantamento de recursos, diagnóstico da situação atual e definição de conduta, conforme ilustra a Figura 1. Este método foi proposto pelo autor para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações, sendo frequentemente utilizado no meio acadêmico para estudos de caso semelhantes a este.

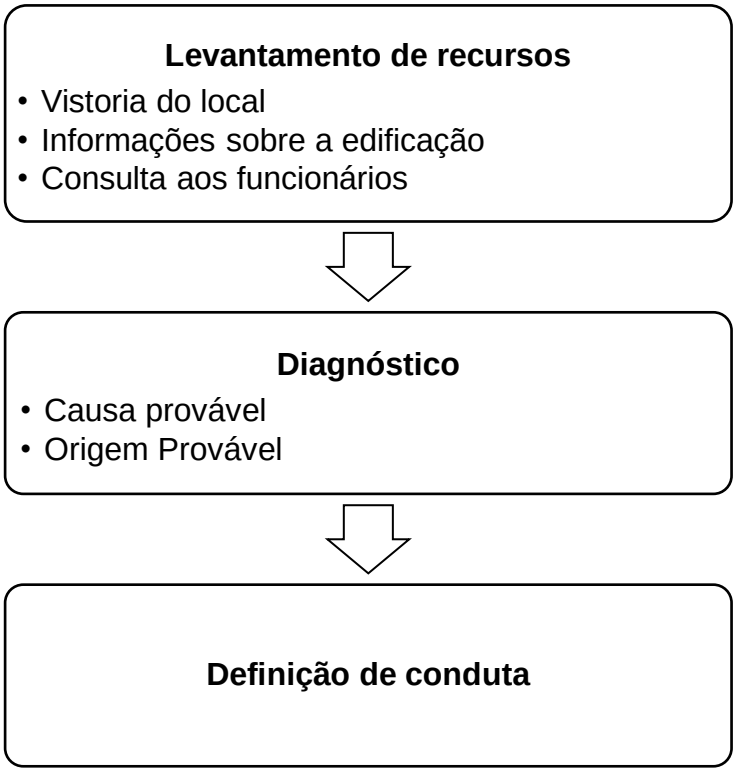


Figura 29 - Metodologia de Lichtenstein

O levantamento de recursos foi realizado através da vistoria do local onde utilizando a inspeção visual detectaram-se as manifestações patológicas existentes nas estruturas. Posteriormente, houve uma consulta aos funcionários para o recolhimento de informações sobre as edificações, como o modo de uso, frequência de manutenções, e por fim a obtenção de registros fotográficos.

Após a coleta de informações na etapa anterior, foi possível elaborar o diagnóstico, com base na literatura citada no referencial teórico deste trabalho, estabelecendo as possíveis causas e origens do surgimento das manifestações patológicas.

Por fim, foi proposta a definição de conduta para cada caso analisado, na qual foram sugeridos procedimentos para o reparo e recuperação das áreas deterioradas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Destaca-se que na aplicação do método de Lichtenstein encontrou-se algumas dificuldades inerentes a situação das edificações, a saber: informações de projetos, escolha de materiais e de execução. A obtenção destes dados possibilitaria um diagnóstico mais coerente, visto que são fatores decisivos para garantir a durabilidade destas edificações. Cabe ressaltar que também não foi realizado uma inspeção detalhada das edificações, nem executado os métodos de conduta propostos por este trabalho. Estas ações ficam como sugestão para trabalhos futuros.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram encontradas manifestações patológicas em todas as unidades analisadas. As manutenções realizadas nas unidades são apenas de reparo e recuperação, ou seja, não acontecem com periodicidade. A falta da manutenção periódica auxilia no avanço das manifestações patológicas, o que torna a correção mais onerosa. A seguir será apresentado um ponto crítico por unidade vistoriada.

5.1 Unidade 1

Foi verificada na Unidade 1 a presença de manchas no teto e paredes provocadas por infiltração. Além disso, foi observada a presença de bolor próximo ao local, como se pode observar na Figura 2.

Figura 30 - Mancha no forro de gesso devido a infiltração e a presença de bolor no teto e parede

Visto uma verificação mais detalhada *in loco* pode-se dizer que a causa da ocorrência destas manifestações se deve a um vazamento na coberta da unidade, gerando um acúmulo de água no local deixando a área com uma umidade excessiva frequente.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Para corrigir este problema é necessário primeiro identificar o local do vazamento, verificar se os elementos de coberta são suficientes para estanqueidade da edificação, assegurando a inclinação adequada, de forma que evite o acúmulo de água, um bom dimensionamento dos beirais para evitar que a queda d'água entre em contato com a extremidade superior da parede e ocasione infiltrações, e verificar também o encaixe e/ou a sobreposição das telhas usadas para a coberta, bem como se existem telhas danificadas. Apenas após estes procedimentos repará-lo.

5.2 Unidade 2

Na Figura 3 pode-se observar a presença de fissuras diagonais na área externa da unidade, o surgimento deste tipo de fissura próxima às extremidades do vão de janelas ou portas costuma ser decorrente da não utilização de vergas ou contra vergas (seta amarela). E o aparecimento de fissuras diagonais advindas da base da estrutura pode estar relacionada a movimentos de recalque (elipse vermelha).

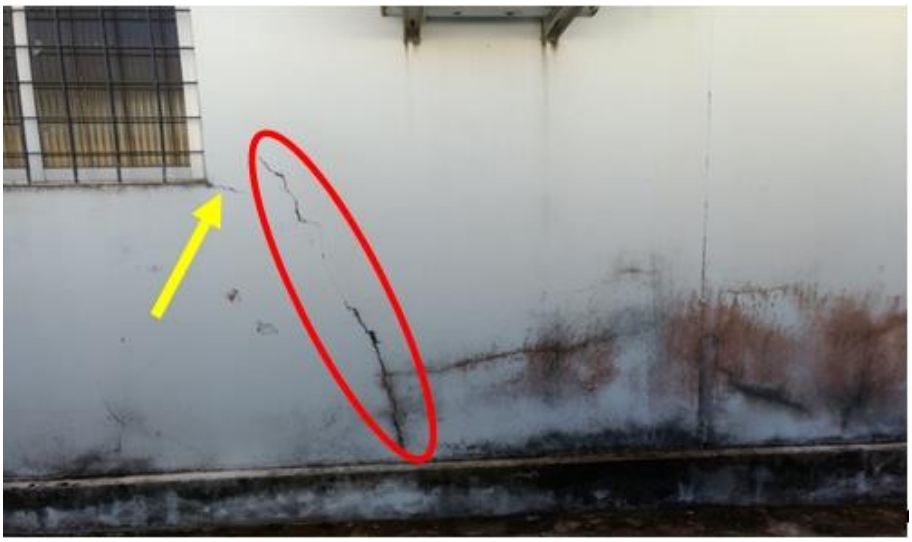


Figura 31 - Fissuras diagonais na área externa e a presença de bolor na extremidade

Segundo Lottermann, (2013), uma possível solução para fissuras que surgiram devido esforços em extremidades de vãos livres seria primeiramente a remoção do revestimento argamassado e posteriormente ser executado o grampeamento da alvenaria executando furos e chumbando elementos metálicos que absorveriam os esforços existentes.

Para determinar uma solução ideal para fissuras provocadas por recalque da estrutura, é necessária primeira uma investigação do solo para identificar se estes movimentos cessaram ou continuarão causando dando a edificação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5.3 Unidade 3

A Figura 4 exibe uma grande fissura horizontal próxima ao topo de uma das fachadas da unidade. Este tipo de fissura surge devido à movimentação térmica diferencial entre os elementos estruturais, neste caso entre a viga e a alvenaria.

Figura 32 - Fissura horizontal

Para a correção desse tipo de manifestação deve ser removido o revestimento da parede e aplicar uma fita de polipropileno, com isso as movimentações não serão transmitidas ao revestimento. Posteriormente, o revestimento é refeito com o uso de véu de poliéster e resina acrílica de forma a criar uma camada flexível que absorve a movimentação térmica da base (JUNGINGER, 2003 *apud* SOUZA, *et al.,* 2016).

A Figura 5, ainda na Unidade 3, observa-se o descascamento da pintura na área inferior da parede externa da unidade, principalmente nas laterais e nos fundos. Isto ocorre provavelmente devido a umidade ascensional oriunda do solo, ou pela falta de uma cinta de amarração, e que poderia ter sido amenizada com as manutenções preventivas. Além disso, notou-se o mau nivelamento do piso da área externa, que acarreta no acúmulo de água próximo as paredes facilitando o surgimento dessas anomalias.

Neste caso, após o reparo ser realizado o problema poderá persistir devido à possível falta de uma cinta de amarração e o mau nivelamento do piso. Evidenciando a importância de um acompanhamento profissional desde início da execução de uma obra, afim de evitar erros desta natureza.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 33 - Descascamento de pintura e bolor

Constata-se que foram encontradas manifestações patológicas em todas as unidades vistoriadas (Unidade 1, Unidade 2, Unidade 3. Conforme mostra o Quadro 1.

Quadro 1 - Manifestações Patológicas presentes em cada unidade

Unidades	Manifestações Patológicas				
	Infiltração	Mancha Superficial	Bolor	Descolamento de revestimento	Fissuras
Unidade 1	X	X	X		X
Unidade 2	X		X		X
Unidade 3	X		X	X	X

Portanto, é evidente que as edificações não foram projetadas nem executadas visando à durabilidade, conforme a NBR 6118 (2014) a vida útil mínima de estruturas de concreto no Brasil é de 50 anos, e como se observa, essas unidades com aproximadamente 3 anos de idade apresentam elementos em fase de deterioração.

A infiltração foi encontrada em todas as unidades vistoriadas, e foi diagnosticado que através da mesma ocorreu o surgimento de outras manifestações patológicas como as manchas superficiais e o bolor.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O bolor apareceu em 100% das unidades devido a erros nas fases anteriores ao uso como, por exemplo, a falta de uma cinta de amarração e também um mau dimensionamento na altura do baldrame possibilitando que a alvenaria de vedação ficasse em contato com o solo. Outra razão é a má instalação dos aparelhos de ar-condicionado, que resulta em vazamentos de água da condensadora dos aparelhos e consequentemente aumentam a umidade nas áreas próximas originando o surgimento da manifestação patológica. A Figura 6 exibe algumas dessas situações.

Figura 34 - Presença de bolor em diferentes unidades

A Figura 7 mostra que infiltração, bolor e fissuras foram as manifestações patológicas encontradas em todas as unidades chegando a um percentual de 100%.

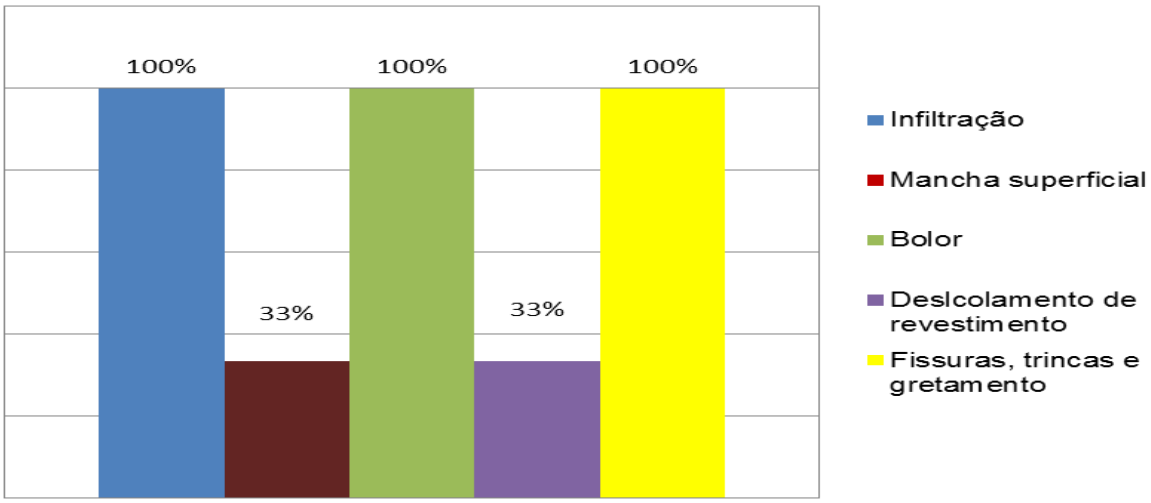


Figura 35 - Porcentagem das manifestações patológicas identificadas

ISBN: 978-85-65425-32-2

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se que o bolor esteve presente em 100% das unidades vistoriadas, dentre as causas mais prováveis destaca-se a umidade ascensional proveniente do solo, porém outro fator contribuinte para o surgimento dessa anomalia foi a umidade excessiva presente próximo aos aparelhos de ar condicionado.

Outras manifestações patológicas recorrentes foram a infiltração em tetos e paredes, ocasionadas por problemas de vazamento na coberta, e a fissuração causada na maioria dos casos pela ausência de vergas e contravergas.

Conclui-se que o aprendizado das manifestações permite o conhecimento das suas causas e dos mecanismos de propagação, podendo assim identificar possíveis riscos, e desta maneira intensificar a necessidade e a importância da realização de manutenções preditivas e preventivas. Sabe-se que a utilização de materiais inadequados ou de baixa qualidade, a falta de manutenção e fiscalização nas obras públicas é um fator preponderante para a redução da vida útil dessas edificações. Para os casos abordados há em sua grande maioria a possibilidade de tratamento, sendo que este procedimento precisa ser adotado de forma rápida, a fim de evitar que a situação se agrave e aumente o risco para os usuários.

Logo, se torna evidente a importância da criação de políticas públicas que visem à preservação de suas edificações, visto que o usuário é um cidadão que possui direitos e precisa de conforto e segurança. Além disso, o fator econômico aumenta consideravelmente com futuros reparos e até mesmo com a necessidade de construção de novas edificações, quando não são respeitadas as condições adequadas de projeto e execução das edificações, influenciando diretamente na economia do município.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2012). NBR 5674 – manutenção de edificações – procedimentos. Rio de Janeiro.

_____. (2014). NBR 6118: projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro.

Arivabene, A. C. (2015). Patologias em estruturas de concreto armado estudo de caso. Revista On-line IPOG Especialize.

Barreto, L.; Ramos, J. L. M.; Berenguer, R. A.; Carneiro, F. L.; Nascimento, E. C.; Monteiro, E. C. B. (2016). Análises das manifestações patológicasem estruturas de concreto armado de sub-estações de energia elétrica (subestação Joairam). 2º Congresso brasileiro de patologia das construções – CBPAT 2016, Belém - PA.

Brasil. Ministério da Saúde. (2013) Portaria Nº 340. Brasília.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Dias, J. F.; Toffoli, S. M.; Agopyan, V. (2004) Absorção de telhas cerâmicas vermelhas. Congresso brasileiro de cerâmica, Curitiba.

Fonseca, J.; Oliveira, A.; Cavalcanti, M.; Silva, S. (2016). Investigação das manifestações patológicas de uma residência zoneada na região metropolitana do Recife-PE. Seminário de patologia e recuperação de estruturas – SEMIPAR 2016, Recife.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. (2015). Banco de dados. Censo 2015. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 09 jun. 2017.

_____. (2009). Banco de dados. Censo 2009. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 09 jun. 2017.

Lichtenstein, N.B. (1985). Patologia das construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Escola Politécnica da USP, São Paulo.

Lottermann, A.F. (2013) Patologias em estruturas de concreto: estudo de caso. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia civil. Departamento de ciências exatas e engenharias. Ijuí/RS.

Monteiro, E. (2016). Notas de aula da pós-graduação de inspeção, manutenção e recuperação de estruturas na Universidade de Pernambuco. Recife.

Neville, A. M. (2016). Propriedade do concreto. 5. Ed. São Paulo.

Parisi Jonov, C.M.; Nascimento, N.O.; Paulo E Silva, A. (2013). Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. Ambiente construído. Porto Alegre.

Possan, E.; Demoliner, C. A. (2013). Desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: abordagem geral.

Souza, L. T.; Da Fonseca, J. M. M.; Da Silva, D. G. C.; Da Silva, D.L. (2016). Levantamento e avaliação das manifestações patológicas presentes na escola politécnica de Pernambuco - estudo de caso. Seminário de patologia e recuperação de estruturas – SEMIPAR 2016, Recife.

Thomaz, E. (2013). Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. 2. ed. São Paulo: Pini.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Villanueva, M.M. (2015). A importância as manutenções preventivas para o bom desempenho da edificação. Projeto de Graduação UFRJ. Departamento de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

IMPACTOS DO PROJETO ARQUITETÔNICO NO SURGIMENTO DAS PATOLOGIAS NAS CONSTRUÇÕES EM FORTALEZA / BRASIL – EVIDÊNCIAS E EXPERIMENTOS.

The Impact Of The Architectonic Design On The Development Of Pathologies In The Buildings In Fortaleza / Brazil - Evidences And Experiments.

José Emídio ALEXANDRINO BEZERRA[1]. Euler SOBREIRA MUNIZ[2].

[1] UNIFOR, Fortaleza, Brasil, joseemidiobezerra@outlook.com

[3] UNIFOR, Fortaleza, Brasil, euler@unifor.br

Resumo: Este artigo, fruto da observação e experiência profissional e de experimentos, pretende apresentar algumas ocorrências de patologias construtivas que podem ter sua origem no projeto arquitetônico, como a predileção por varandas em balanço e os revestimentos com cores fortes e contrastantes nas fachadas dos prédios na ensolarada cidade de Fortaleza, detalhes que favorecem às infiltrações e a baixa adequação dos projetos ao agressivo meio ambiente marinho local. Mostra o resultado de uma pesquisa preliminar sobre as diferenças de temperatura em revestimentos cerâmicos com cores variadas. Considera que o uso de novas tecnologias de projeto e o trabalho em equipe multidisciplinar pode ser a melhor forma de evitar a maioria delas.

Palavras chaves: projeto, patologia, varandas, cores, meio ambiente marinho.

Abstract: This paper is a direct result of observation, professional experience and academic experiments. It intends to show the occurrence of construction pathologies that should be a result of architectural projects. It happens in project balconies and diferente color facades covering in a sunny city as Fortaleza, a northeast brazilian metropolis. These occurrences causes infiltration and low adaptation to the local aggressive seashore environment. This paper shows a result of preliminary researches concerning the difference of temperatures obtained in different color of ceramics. The use of new technologies for planning and working in teams should be a way to avoid this kind of pathologies.

Keywords: project, pathology, balconies, colors, seashore environment

1. Introdução

Este artigo apresenta e analisa algumas ocorrências que podem facilitar o aparecimento de patologias originadas na etapa de projeto arquitetônico. Ele é fruto da observação, da experiência profissional e de alguns experimentos expeditos ilustrativos. A partir dessa reflexão acadêmica se espera contribuir para a durabilidade das edificações, chamando a

ISBN: 978-85-65425-32-2

atenção para alguns aspectos de projeto presentes em edifícios da cidade de Fortaleza, que podem influir na ocorrência de patologias construtivas. São relacionados como possíveis agentes causadores de patologias: os balanços excessivos, a disposição da estrutura, o uso de cores quentes nos revestimentos das fachadas, detalhes que podem contribuir para a diminuição da vida útil de projeto ou que possam causar acidentes.

2. A origem da maioria das patologias das edificações

Como explica Watt (2007) as patologias das edificações, como termo e como conceito deve ser entendido como uma abordagem holística, que exige uma compreensão de como são projetadas, construídas e reformadas e os mecanismos de interação entre os materiais e o meio ambiente e isto requer uma abordagem multidisciplinar para entender como interagem as construções e os usuários.

Embora muitos acreditem que a maioria das patologias das construções deve-se a falta de qualidade dos materiais adquiridos e do despreparo da mão de obra durante a construção, ou seja, devido à execução da obra, várias pesquisas feitas na Europa e no Brasil demonstram, após uma análise mais aprofundada, que a maioria das patologias se origina nos projetos ou da incompatibilidade entre eles, como alerta Thomaz (1989, pag. 16).

“As trincas podem começar a surgir de forma congênita logo no projeto arquitetônico da construção; os profissionais ligados ao assunto devem se conscientizar de que muito pode ser feito para minimizar o problema pelo simples fato de reconhecer que as movimentações dos materiais e componentes das edificações civis são inevitáveis”.

Proppster (1981) citado por Andrade e Costa e Silva (2005) apresenta o Quadro 4 abaixo, onde apresenta a incidência de patologias nas edificações de acordo com a suas origens:

QUADRO 5 - Incidência de patologias em edificações conforme a origem.

Defeitos	Alemanha	Bélgica	Dinamarca	Romênia
Projeto	40,1%	49,0%	36,6%	34,0%
Materiais	29,3%	22,0%	22,2%	24,2%
Execução	14,5%	15,0%	25,0%	21,6%
Uso	9,0%	9,0%	8,7%	12,2%
outros	7,1%	5,0%	7,5%	8,0%

Outros autores corroboram a constatação de que a maioria das patologias se origina no projeto, inclusive no Brasil.

Pesquisa realizada em conjuntos habitacionais de São Paulo pelo IPT, segundo Ioshimoto (1988), concluiu que a maior parte dos problemas eram decorrente de deficiência de projetos ou de má execução.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Na Amazônia, segundo Aranha (1994), pesquisas apontaram que 68,7% das incidências "tiveram origem nas etapas de projeto / planejamento e execução".

Segundo Andrade e Costa e Silva (2005), "Durante a etapa de concepção, é fundamental que não só sejam atendidas todas as solicitações mecânicas, às quais a estrutura será submetida durante o uso, como também devem ser analisadas questões relativas à durabilidade, o que envolve parâmetros adicionais, como o tempo e as condições de exposição".

Para Helene e Pazzini (2O05) é grande a porcentagem de patologias que tem origem nas etapas de planejamento e projeto, e que essas são mais graves do que aquelas originadas na etapa de construção e na qualidade dos materiais. Para esses autores ocorrem a seguinte distribuição constante do Gráfico 1 abaixo:

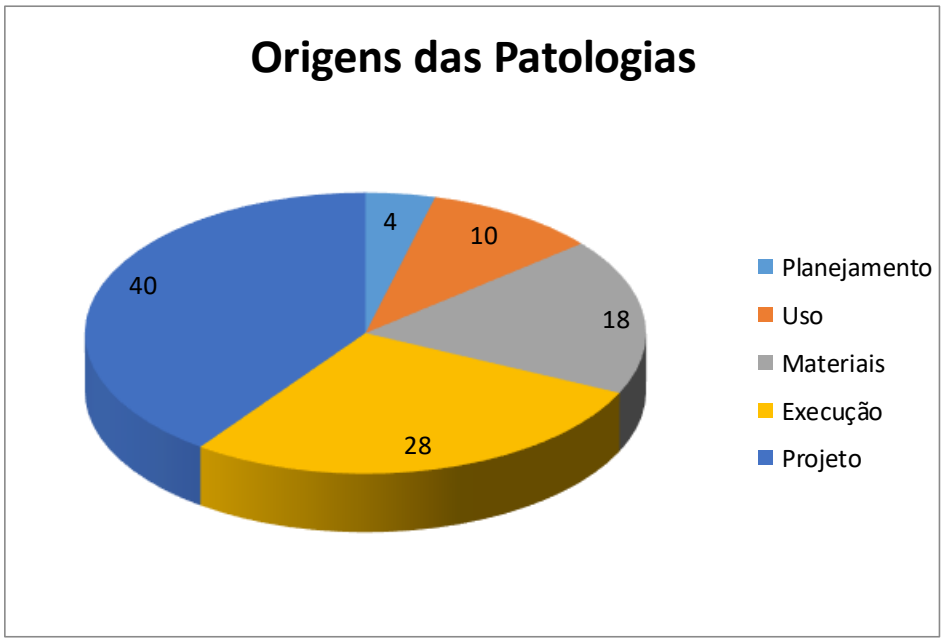


GRÁFICO 1 - Origem dos problemas patológicos com relação as etapas de produção e uso das obras civis

O projeto arquitetônico é o início e a base na qual todos os outros projetos são elaborados e deve atender às necessidades dos usuários relacionadas com conforto, segurança, funcionalidade, ter boa relação custo / benefício e ser adequado ao meio ambiente em que se insere, sem cercear a criatividade e a estética, pois "Arquitetura é forma e função" como ensina Muniz (2015).

Em seus estudos sobre as estruturas de concreto armado, em ambientes de severa agressividade na Noruega, Gjorv (2015) descobriu que os deques dos cais marítimos projetados com lajes planas sofriam menos corrosão devido aos cloretos, do que aquelas compostas por lajes e vigas. Verificou que são nas quinas das vigas onde surgem mais trincas devido à corrosão.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Portanto a decisão que é tomada na etapa de projeto influi na durabilidade das estruturas, mesmo para aquelas que estejam em ambientes menos agressivos do que os cais e nos quais as estruturas ficam sujeitas às ondas e marés.

Mascaró (2004, p 27) comenta que “do ponto de vista geométrico, o edifício é um conjunto de planos horizontais em interseção com outro conjunto de planos verticais” e que as decisões são adotadas para solucionar os vários aspectos de uma obra, tendo impacto na função e no custo. Ressalta a conveniência de se ter a mínima superfície exposta ao meio ambiente e a agressividade do clima de forma a preservar e a conservar a segurança e habitabilidade do edifício.

Em relação a concepção plana dos pavimentos, disposições extravagantes de leiaute tornam muito difícil a distribuição dos esforços pela estrutura, desde as vigas e pilares até às fundações.

Certas disposições de vigas e pilares aumentam o grau de liberdade de movimentação estrutural causando esforços sobre as paredes e esquadrias e aumenta a probabilidade de surgir patologias, como trincas, infiltrações e desprendimento de revestimentos.

A arrumação de pilares e vigas muitas vezes parecem interessantes no projeto visto em planta baixa ou nas vistas das fachadas num desenho isolado ou numa maquete, mas nem sempre é percebida ao nível do pavimento térreo ou da parte externa do prédio devido a construção de muros no contorno da edificação e pela presença de outras edificações na vizinhança, mas tem reflexos na probabilidade de crias patologias.

Na ilustração da Figura 1 são dados três situações de distribuição de vigas, balanços e pilares, para uma mesma área por pavimento, mas que reflete a aparência que podem ter as fachadas.

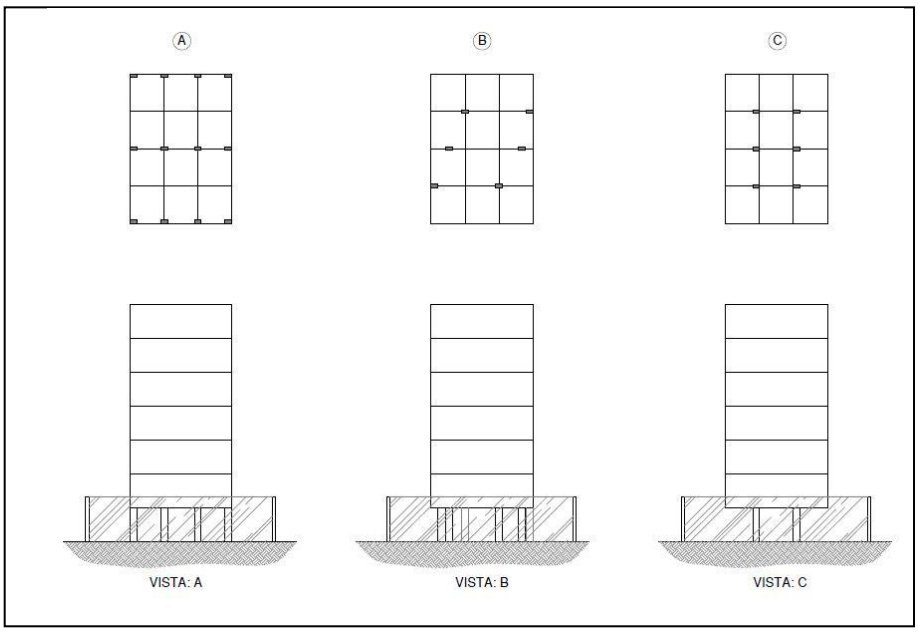


Figura 36 - Opções de distribuição de pilares para um mesmo edifício. Planta baixa, fachada e muro.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Nestas três possibilidades de disposição e pilares e vigas, num exemplo hipotético para um mesmo edifício, pode-se afirmar que em:

A. Nesta opção com distribuição simples e regular de pilares e vigas se terá maior estabilidade estrutural.

B. A distribuição irregular de pilares e vigas desta opção, apresentará esforços solicitantes diversos e possibilidade imprevisível de movimentos e deformações estruturais.

C. Distribuição regular de pilares e vigas, porém com um grau de liberdade e movimentos estruturais muito grande, com boa possibilidade de aparecerem fissuras inclinadas e simétricas nas vigas e paredes por causa da flexibilidade.

A escolha que é definida no projeto arquitetônico vai refletir no dimensionamento estrutural, na construção e na vida útil da obra.

Como diz Helene (2015) “A consciência da importância de se considerar a vida útil da estrutura no projeto estrutural é relativamente recente”. Começou na Europa e nos Estados Unidos na década de 1990 e no Brasil em 2003 com a publicação da NBR 6118, referente ao projeto de estruturas de concreto armado, e fortaleceu-se com a NBR 15.575: 2013 que trata do desempenho das edificações.

É oportuno lembrar o Professor Manuel Fernández Cánovas (1988, pag. 2)

“A resistência e durabilidade de uma estrutura, da mesma forma que a de um ser vivo, vai depender indiscutivelmente dos cuidados que se tenham com ela, não apenas durante a sua gestação ou projeto, mas também durante o seu crescimento ou construção e, posteriormente, durante o resto de sua vida ou manutenção”.

3. O local da pesquisa

Fortaleza, capital do Estado do Ceará, Foto 1, situada na região Nordeste do Brasil, que tem clima tropical úmido e temperatura média anual de 26 ºC, no litoral do Atlântico Sul, tem praias que são consideradas muito belas.

Foto 1 - Fortaleza. Ceará. Brasil. Fonte. Google Imagens.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Algumas praias apresentam um meio ambiente bastante agressivo em relação ás estruturas de concreto armado, eletrodomésticos, máquinas e veículos, especialmente a Praia do Futuro, que por conta da topografia e dos ventos alísios que sopram perpendicular à costa. Nesta região a névoa salina formada é distribuída por toda a microrregião (Figura 1).

Quadro 6 - Praia do Futuro. Foto Google. Croqui da região pelo autor.

Segundo recente estudo, feito por Cabral e Campos (2016), onde determinam a agressividade do ar em Fortaleza, constataram que a maior parte da cidade se encontra enquadrada na Classe II (moderada), enquanto a Praia do Futuro apresenta valores de deposição de cloretos muito elevados, devendo ser enquadrada nas classes de agressividade variando de II (moderada) a IV (muito forte) no Quadro I da NBR 6118:2014.

Figura 37 - Classificação das zonas de agressividade em Fortaleza, de acordo com a 2ª Lei de Fick. Fonte: Cabral e Campos (2016).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Entretanto, em Fortaleza, no que se refere ao aspecto externo, ao leiaute, aos materiais empregados e aos processos construtivos não se percebe diferenças marcantes entre aqueles edifícios construídos à beira mar daqueles situados em bairros afastados da praia e até de outras cidades interioranas do Estado do Ceará.

Nas praias existem dois fatores de grande importância que devem ser levados em conta na concepção do projeto arquitetônico que são: a vista do panorama e clima agradável.

Entretanto, a brisa que ameniza o calor transporta os cloretos presentes na névoa salina, conhecida com maresia, que é o agente mais agressivo para as estruturas de concreto armado.

Então, para garantir a durabilidade das construções, deve-se evitar a execução de estrutura de concreto *in loco* para evitar a incorporação do cloreto no concreto e na própria armadura ou cobrir toda a obra, que é complicado e tem um custo muito elevado ou optar por estruturas pré-fabricadas noutro local e transportadas prontas para o litoral.

Evitar concreto aparente, grandes aberturas para impedir a entrada do vento carregados de maresia e não especificar telhas cerâmicas vermelhas, pois são corroídas rapidamente. Estas são algumas medidas que seriam rapidamente percebidas.

A seguir são apresentadas algumas das particularidades mais marcantes nos edifícios desta cidade.

3.1 Varandas

Comparando o panorama de Manhattan em New York e da Avenida Beira Mar em Fortaleza - Ceará, nota-se a beleza dos prédios e as diferenças de concepção, compreensível devido as diferenças de desenvolvimento econômico, cultura e clima. (Quadro 1).

Quadro 7 - Panorama de Nova York e Fortaleza/Ce

Fonte: Google.

Em Manhattan os edifícios são sólidos, de formas e volumes simples e robustos. Na tropical Fortaleza há mais variação de formas e volumes das fachadas dos prédios tropicais e destaque para a predominância de varandas, na sua quase totalidade, em balanços, como na Foto 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Foto 2 - Edifício na Praia do Meireles em Fortaleza - Ceará, Varandas em concreto aparente..

Entretanto, são pouco utilizadas com ambiente de lazer e um grande percentual delas, logo após a entrega da obra, são transformadas em extensão da sala de estar. Em geral são vedadas com esquadrias de alumínio e vidro, que não deveria ser feito, pois altera a composição plástica da edificação.

Esquadrias assentadas entre dois pavimentos com vigas e lajes em balanço sofrem esforços repetidos e alternados, que podem favorecer ao surgimento de trincas e deformação nelas próprias e nas paredes laterais da varanda, se existirem, facilitando assim as infiltrações de águas pluviais no edifício e o desprendimento de revestimentos.

A queda de uma marquise no Edifício *Versailles*, Foto 3, em 2015 provocou um receio generalizado e infundado na população local. Marquises, projetadas, calculadas e construídas adequadamente são seguras e devem ter a mesma durabilidade do edifício, desde que não sejam sobrecarregadas além do previsto.

Foto 3 - Queda da varanda no Ed. Versailles. Fortaleza.

ISBN: 978-85-65425-32-2

É importante lembrar que a ferragem principal numa marquise fica na parte superior ficando mais próxima das cargas e mais sujeita às infiltrações. Também é mais difícil de perceber desgastes por corrosão na armadura devido a pavimentação.

As marquises em balanço por serem engastadas apenas num bordo e terem três bordos livres têm mais liberdade de movimentação e deformação estrutural.

A varanda em balanço deve-se reconhecer que aumenta a sensação de liberdade e integração com o meio ambiente e cria movimento na volumetria do imóvel.

Além disso, para o nosso clima, proporciona sombreamento nas varandas que recebem o sol da tarde aumentando o conforto térmico sem necessidade de ar condicionado e diminui a excessiva luminosidade no interior da habitação dispensando cortinas e iluminação artificial.

Porém são pouco adotadas para atender esses últimos fatores, pois, estão em geral localizadas nas fachadas leste e norte que estão na sombra e são mais frescas à tarde e são amplas para servir de estar e lazer.

Entretanto, são pouco utilizadas. Talvez porque as pessoas passem mais tempo fora de casa no trabalho e os prédios mais atuais oferecem muitas utilidades nas áreas comuns.

3.2 Cores dos revestimentos cerâmicos das fachadas

A escolha das cores dos revestimentos das fachadas e pinturas nas fachadas é outro fator a ser considerado na prevenção de patologias.

Fachadas multicoloridas como na Foto 4, são muito bonitas, porém, é preciso avaliar a criação de gradientes térmicos e a capacidade de reflexão ou absorção da energia solar, pois pode-se criar expansões e retrações diferenciais numa mesma fachada ao longo dos dias e noites, facilitando assim ao surgimento de fissuras nas paredes e descolamentos de revestimentos cerâmicos.

Foto 4 - Fachada de um edifíco em Fortaleza - Ce.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Uma parede que tenha revestimentos nas cores banca, vermelha, preta e amarela se terá zonas com variações de absorção e reflexão muito desiguais, causando transmissões de calor e dilatações muito distanciadas. Esta variação pode ver na Figura 2, abaixo:

Tabela 3 - Coeficientes de absorção de revestimentos. Téchne, nº 53

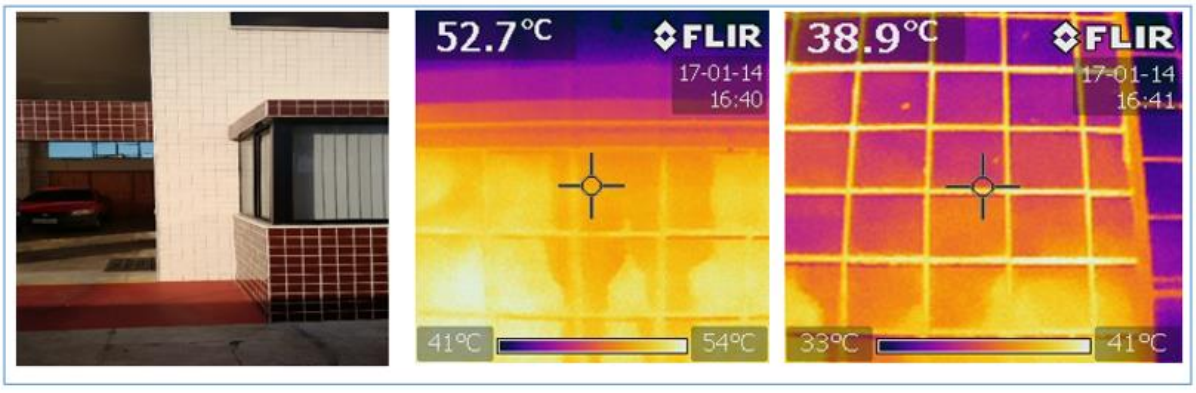
Cor do revestimento	Absorção
Pintura preta fosca	95 %
Tijolo de barro	70 %
Concreto	65 %
Fibrocimento	60 %
Pintura amarela	57 %
Pintura branca semi-brilho	30 %
Alumínio	12 %

Segundo Barreira (2004) o estudo “do comportamento higrotérmico é indispensável para avaliar o desempenho dos elementos construtivos e da envolvente dos edifícios” contribuindo para o aperfeiçoamento de soluções para a concepção e execução de elementos construtivos e para o conforto dos usuários e a durabilidade da obra, porque a maioria das patologias dos materiais ocorre por influência da temperatura.

Para ter uma ideia da influência da temperatura nos revestimentos nos edifícios em Fortaleza – Ce, foram feitas medições de temperatura feitas com câmara termográfica 19.600 pixels modelo i7 *Flir*, em fachadas e pisos, num edifício na Avenida Antônio Sales, Bairro Dionísio Torres, na cidade de Fortaleza, obteve-se os resultados reunidos no Quadro 2:

Quadro 4 - Fachada revestida com cerâmica. Medição à tarde.

Foto da fachada	Cerâmica marrom	Cerâmica Bege



Considerando que a dilatação superficial de uma substância sólida é dada pela fórmula $\Delta A = \beta . A_o . \Delta T$ e $\beta = 2.\alpha$ onde **A** = área, **α** = coeficiente de dilatação linear e **β =** coeficiente de dilatação superficial, pode calcular a expansão de cada lajota cerâmica.

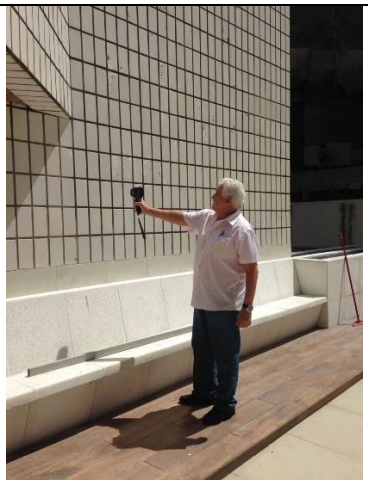
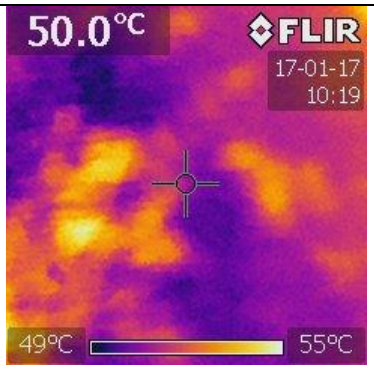
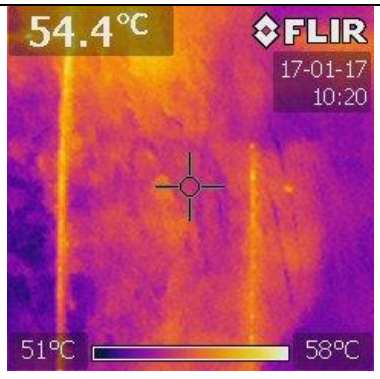
$$\Delta A_{marrom} = \beta . A_{omarrom} . \Delta T \text{ e } \beta = 2.\alpha \text{ e } \Delta A_{bege} = \beta . A_{obege} . \Delta T \text{ e } \beta = 2.\alpha$$

ISBN: 978-85-65425-32-2

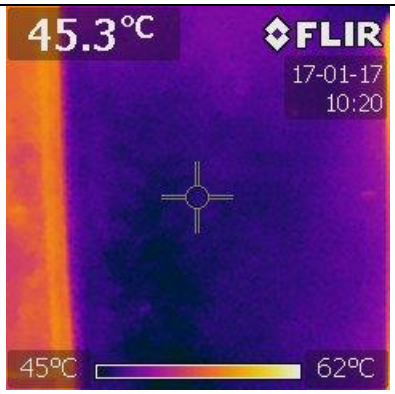
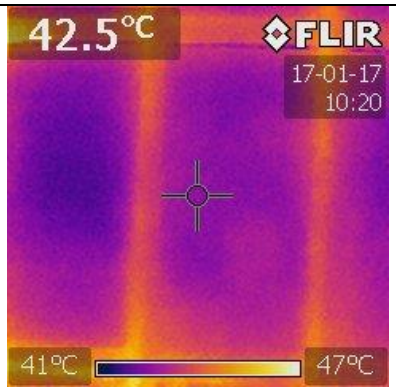
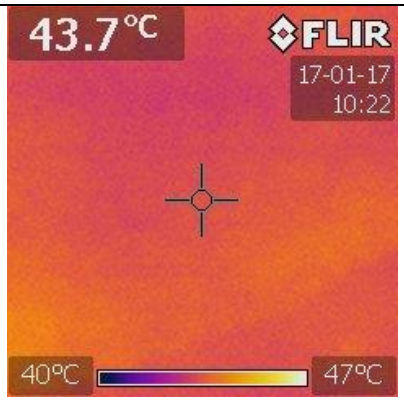
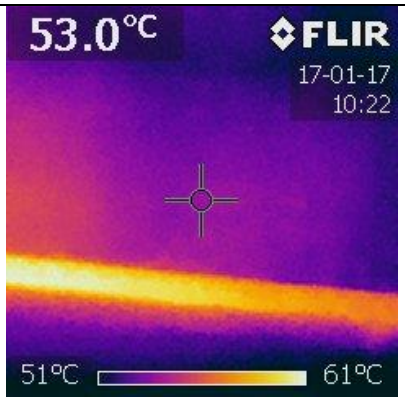
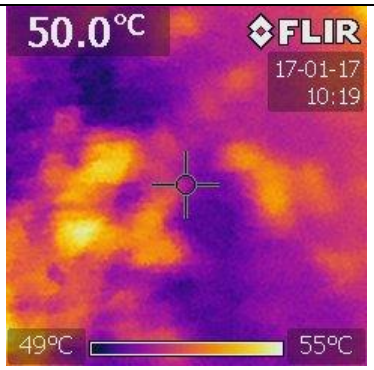
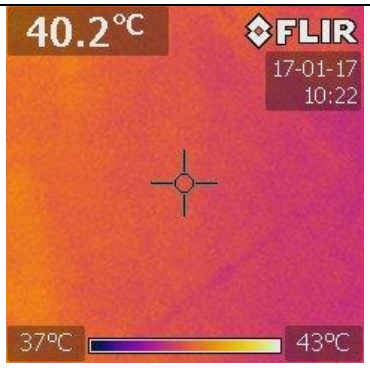
Dividindo a primeira pela segunda, já que são do mesmo material, a relação entre a cerâmica marrom e a bege será igual a 13,8. É uma diferença considerável se estiverem próximas, o que reforça a importância das juntas de assentamento e movimentação – que devem constar nos projetos e a flexibilidade do rejuntamento – que deve constar nas especificações técnicas.

Outras medidas de temperatura foram feitas em porcelanato bege no sol e na sombra, porcelanato amadeirado, em lajotas formadas por argamassa de cimento coberta com gesso, conhecido com piso atérmico branco e em pintura de reboco com tinta acrílica texturizada nas cores branca e camurça, como se pode ver no Quadro 3, abaixo:

Quadro 8 - Medições pela manhã em porcelanato, cerâmicas, atérmico e reboco pintado

	
Porcelanato, atérmico e cerâmica	Textura acrílica
	
Piso: porcelanato beje	Piso: porcelanato amadeirado

ISBN: 978-85-65425-32-2

	
Parede: cerâmica branca	Banco: lajotas de cimento e gesso, atérmico
	
Parede: textura acrílica branca	Parede: textura acrílica camurça
	
Piso: porcelanato bege no sol	Piso: porcelanato bege na sombra

ISBN: 978-85-65425-32-2

Nessas fotos térmicas nota-se as diferenças de temperatura entre:

- Porcelanato bege e amadeirado ..... 4,4 º C
- Cerâmica branca e cimentado atérmico ..... 3,2 º C
- Parede pintado de branco e camurça ..... 9,7 º C
- Porcelanato bege no sol e na sombra ..... 10.2 º C

A diferença de temperatura entre porcelanato, cerâmica e reboco pintado é menor que a diferença entre materiais iguais, porém com cores diferentes.

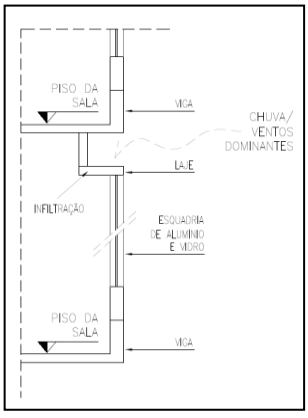
Assim, os projetos em que numa única fachada existem revestimentos com materiais e cores variadas, eles dilatando-se de forma diferenciadas e de forma bastante expressiva; isto pode ser a causa de queda de revestimentos por gradiente térmico.

3.3 Detalhes que podem favorecer as infiltrações de águas pluviais

Num edifício na localizado na Praia do Futuro, em Fortaleza são vistas aberturas sobre as janelas em todos pavimentos na fachada leste. Esta fachada é virada para a direção predominante das chuvas e dos ventos alísios, que sopram do oceano para o continente.

Resulta que as águas pluviais penetram nas aberturas cerca de 50 cm em relação a superfície da fachada. Uma parte escorre pelas esquadrias de alumínio e vidro e parte infiltra-se causando vazamentos nas salas e suítes dos apartamentos, quando falha a pintura impermeabilizante, que necessita estar sempre se renovando. Ver Quadro 6.

Quadro 9. Foto do Edifício na Praia do Futuro em Fortaleza - Ce e croquis do detalhe da fachada.



3.4 Adequabilidade dos materiais ao meio ambiente

Os materiais devem suportar as condições locais proporcionando conforto, segurança e ter durabilidade com os menores custos de manutenção.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A casa mostrada nas fotos inseridas no Quadro 7 tem um leiaute bom e bastante integrada ao rústico meio ambiente, porém apresenta vários problemas: as esquadrias em madeira com aplicação de verniz não suportam o sol, a chuva e o vento porisso estão rachadas, as dobradiças enferrujadas, não abrem e fecham como deveriam e deixam passar água por estar contra o vento e por facear a parede externamente. A pintura interna das paredes já tem bolhas e desagregação.

Entre as grandes esquadrias, em algumas partes, a parede de alvenaria de tijolos cerâmicos furados é estreita e não suporta a carga vertical da laje de vãos grandes, o que faz com que apresente fissuras em várias alturas, incluindo a fissura perimetral na interface laje/parede (problema do projeto estrutural que previu cinta e não viga).

Na sala de estar, a água pluvial entra por baixo das portas levada pelo vento, embora exista uma varanda que deveria protegê-la neste aspecto.

Os pilares e vigas são em concreto aparente, sem proteção contra a carbonatação e a ação dos cloretos num local que recebe muita maresia e fica assim, sujeito aos dois agentes que mais causam a corrosão da armadura. Os pilares e vigas provavelmente deverão ter fissuras na camada de cobrimento em concreto, havendo, portanto, perda de durabilidade e gastos com recuperações estruturais.

Quadro 10 – Quadro com fotos de uma casa orientada para o nascente, próxima ao litoral

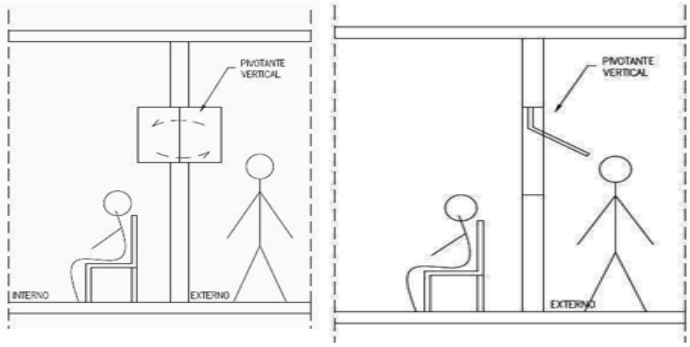
3.5 Detalhes que podem causar acidentes

As esquadrias precisam não apenas dar condições de iluminação, ventilação e escape, mas também é importante verificar a possiblidade de causar acidentes aos usuários.

As janelas do tipo máximo ar que tem eixo horizontal e janelas pivotantes com eixo vertical podem causar injúrias aos transeuntes de circulações internas e externas, pois quando abertas projetam-se para fora das paredes. Ver as figuras do Quadro 8

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 11 - Figuras com janelas que podem causar



Como exemplo pode serem citadas as janelas dos antigos blocos de salas de aulas da UNIFOR, que tendo pivô vertical causou acidentes as pessoas que passavam nas circulações externas com pouca largura e aos alunos nas salas de aula ao se levantarem das carteiras.

As do tipo máximo muito usadas em banheiros não devem ser usadas no andar térreo ou quando abrem para as circulações pelo mesmos motivos. Nestes casos as janelas de correr não mais seguras.

4. Considerações finais

As patologias em geral têm origens nas etapas de projetos, execução, aquisição de materiais entregado, uso e outros menos importantes. O custo para evita-las nesta fase é bem menor que nas fases seguintes da obra, como mostra a Lei de Sitter ou lei da evolução dos custos (Figura 3), segundo a qual o adiamento de uma providência aumenta o custo em progressão geométrica de razão cinco. (HELENE& PAZINI, 2003)

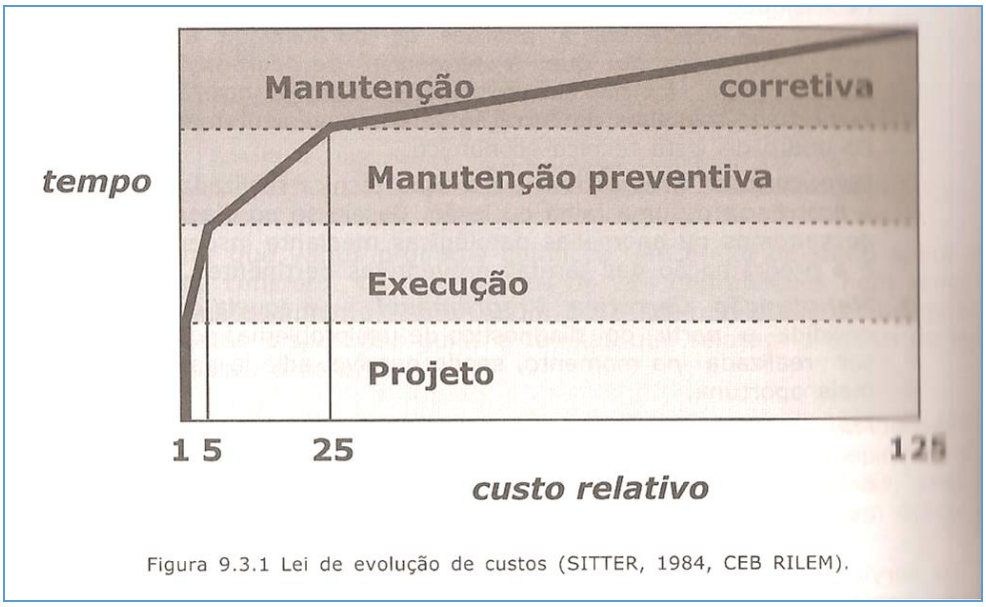


Figura 38 - Lei de evolução de custos, Lei de Sitter. (Sitter, 1984 CEB RILEM)

ISBN: 978-85-65425-32-2

O problema que tem origem no projeto é o que exige soluções mais complexas e mais dispendiosas, porisso é importante investir no projeto. Assim, o projeto deve ser elaborado com prazo adequado, que seja mais bem detalhado e que seja economicamente atraente para os autores.

Assim, diante da complexidade das exigências técnicas, de segurança, conforto, estética e de ordem econômico-financeiras, uma forma de prevenir as falhas pode ser um melhor conhecimento das patologias construtivas pelos profissionais e do meio ambiente no qual a edificação ser inserida, a compatibilidade de projetos, o trabalho em equipe e o uso de novas ferramentas de projeto como o CAD, o REVIT e, principalmente o BIM – *Building Information Modelling*.

Este estudo pretendeu mostrar algumas particularidades observadas em edificações da cidade de Fortaleza e sugerir que sejam feitas pesquisas quantitativas mais apuradas sobre os assuntos tratados, como uma forma de contribuir para o aprimoramento dos projetos das edificações em geral.

5. Referências Bibliográficas

ARANHA, P. M. S. Contribuição ao estudo das manifestações patológicas nas estruturas de concreto armado na rigião amazônica. 1994. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto Armado - Procedimentos. Rio de Janeiro: Abnt, 2014.

CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra; CAMPOS, Ana Mara da Rocha. Estudo da Agressividade do ar em Fortaleza. Fortaleza: Ufc/pec, 2016.

CÁNOVAS, Manuel Fernández. Patologia e terapia do concreto armado. São Paulo: Pini, 1988.

GIORV, Odd E. Projeto da durabilidade de estruturas de concreto em ambientes de severa agressividade. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

HELENE, Paulo Roberto do Lago; PAZINI, Enio. Manual de Reabilitação de EStruturas de ConcretoReparo, Reforço e Proteção. São Paulo: Red Rehabilitar, 2003. 718 p.

MACARÓ, Juan Luís. O custo das decisões arquitetônicas. 3. ed. Porto Alegre: Jlm, 2004.

POPSTER, H. Lesiones en los edifícios: sintomas, causa y reparación. Barcelona: Ceac, 1981.

ISBN: 978-85-65425-32-2

SOBREIRA, Euler Muniz. Notas de aulas para o curso de Arquitetura e Urbanismo da UNIFOR. Fortaleza: Universidade de Fortaleza, 2015.

THOMAZ, Ércio. Trincas em Edifícios: Causas, Prevenção e Recuperação. São Paulo: Pini, 1989.

WATT, David S.. Building Pathology: Principles and Practice. New Jersey: John Wiley & Sons, 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

PATOLOGIAS NA ESTRUTURA DA ESCOLA TÉCNICA ESTADUAL ARLINDO FERREIRA DOS SANTOS

Pathologies In The Structure Of The State Technical School Arlindo Ferreira Dos Santos

Hosana LEITE[1], **Edjanissa** BARBOSA[2]

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Monteiro, Brasil, hosanaemilia@hotmail.com

[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Monteiro, Brasil, edjanissab@gmail.com

Resumo: Há uma grande necessidade no mercado da construção civil em praticar inspeções nas edificações, que devem ser realizadas constantemente e contribuem na geração de um panorama da situação quanto às questões patológicas nas estruturas. As metodologias de inspeção vêm sendo desenvolvidas com o objetivo de implantar processos de vistoria para manutenção periódica em estruturas, priorizando preliminarmente as possíveis intervenções necessárias nas patologias presentes na obra. Nesse contexto, essa pesquisa foi empreendida na edificação pública de ensino, a Escola Técnica Estadual Arlindo Ferreira dos Santos, no município de Sertânia/PE, com o intuito de explorar nessa área, as principais manifestações patológicas, como fissuras, manchas, recalques, eflorescências etc, contribuindo com o mapeamento dos problemas, observando a gravidade destes, as formas de prevenção e incentivando a prática de inspeções regulares. Foram realizados diversos registros fotográficos, bem como, uma pesquisa minuciosa em obras literárias e artigos acerca do tema. No mapeamento das manifestações detectou-se um número maior de eflorescências e fissuras em relação às outras patologias encontradas na edificação. Essas anomalias não comprometem a parte estrutural ainda, mas, caso não haja uma intervenção em certo período de tempo, poderão comprometer a segurança do edifício e de pessoas que ali se encontram diariamente.

Palavras-chaves: Construção Civil; Edificações; Patologia; Inspeções.

Abstract: In the construction market, it is very important to carry out inspections in buildings on a regular basis because regarding pathological issues in structures, these inspections contribute to the generation of an overview of the situation. Inspection methodologies are being developed with the objective of implanting inspection processes for periodic maintenance in structures, prioritizing preliminarily the possible interventions in the pathologies found in the work. In this context, this research was carried out in the State Technical School “Arlindo Ferreira dos Santos” in the city of Sertânia / PE, with the objective of exploring in this area the main pathological manifestations, such as fissures, stains, efflorescences and so on. We wanted to contribute with the mapping of the problems, their severities, the forms of prevention and we also aimed at encouraging the execution of

ISBN: 978-85-65425-32-2

regular inspections in the building. Several photographic records were made as well as a detailed research in literary works and articles on the subject. In the mapping of the manifestations a greater number of efflorescences and fissures were detected in relation to the other pathologies found in the building. These anomalies do not compromise the structural part yet, but if there is not an intervention within a certain period of time, they may compromise not only the safety of the building but also the people who are there on a daily basis.

Keywords: Civil Construction; Buildings; Pathology; Inspections.

1. Introdução

Nas construções civis as manifestações patológicas têm sido observadas e referidas com frequência atualmente, contudo, surgiram desde as primeiras obras, quando o homem sentiu a necessidade de um abrigo para se adaptar ao meio ambiente. Nas últimas décadas, o setor da construção civil aumentou consideravelmente no país, trazendo consigo uma necessidade de um padrão de qualidade em suas construções e, consequentemente, gerando vários investimentos na área no intuito de obter-se qualidade e segurança nas edificações.

Problemas nas edificações são comuns, porém, o que diferencia um problema do outro é o modo como estas edificações são tratadas e prevenidas, com a atuação do padrão de qualidade desde o seu projeto até sua execução, acarretando construções confortáveis, seguras e viáveis financeiramente. Tutikian (2012) reforça que as características locais, bem como a cultura de manutenção das edificações, são determinantes para o surgimento de manifestações patológicas, mas tudo depende da qualidade do projeto, da construção, do uso e da manutenção.

As inspeções em edificações devem ser realizadas periodicamente e contribuem na geração de um panorama da situação quanto a questões patológicas na estrutura. As metodologias de inspeção foram desenvolvidas com o intuito de implantar processos de vistoria para manutenção periódica em estruturas, priorizando preliminarmente as possíveis intervenções necessárias.

Constata-se em diversas obras literárias, que problemas patológicos em uma edificação comprometem a vida útil estrutural do edifício. Notando-se que, há certa carência de conhecimentos patológicos por parte dos profissionais, na realização do projeto assim como em sua execução, faz-se necessário cada vez mais a exploração deste tema.

O objetivo geral deste projeto de pesquisa consistiu em indicar os principais problemas patológicos encontrados nas estruturas da Escola Técnica Estadual Arlindo Ferreira dos Santos, contribuir com o mapeamento dos problemas, observando a gravidade destes, e formas de prevenção.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2. Revisão de Literatura

Para a possível definição de “patologias das edificações”, o grupo de Patologia das Construções, da Escola Politécnica da USP, sugere que, podem ser entendidas como o estudo das origens, causas, mecanismos de ocorrência, manifestação e consequências das situações em que os edifícios ou suas partes construtivas apresentem um desempenho insatisfatório.

Sendo assim, as patologias podem ser encontradas de diversas formas, sendo decorrentes das incertezas e riscos inerentes à construção e vida útil da edificação. De acordo com a NBR 15.575 (ABNT, 2013), Vida Útil (VU) significa período de tempo em que um edifício e/ou seus sistemas, elementos e componentes se prestam às atividades para as quais foram projetados e construídos considerando: 1- o atendimento dos níveis de desempenho previstos na NBR 15.575 (ABNT, 2013), e 2- a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

As manifestações patológicas ocorrem na maioria das edificações, sejam com maiores ou menores intensidades, variando de acordo com o tempo em que apareceu e, ou pela forma como se manifestou. Lichtenstein (1985) afirma que, estes problemas patológicos podem apresentar-se de forma simples, sendo assim, com diagnóstico e reparação evidentes ou então, de maneira complexa, exigindo uma análise individualizada.

Segundo Helene (1992); Machado (2002), os agentes causadores dos problemas patológicos nas construções, mais comuns são: cargas, variação da humidade, variações térmicas intrínsecas e extrínsecas a construção, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos e outros que são evolutivos e tendem a se agravar com o passar do tempo, além de acarretarem outros problemas associados ao inicial.

Abaixo serão descritas as principais manifestações patológicas abordadas no estudo.

2.1 Bolor

Conforme Fagundes Neto (2007, *apud* Pinto *et al.,* 2016), o bolor corresponde ao surgimento de manchas sobre a superfície, oriundas de um grupo de seres vivos (fungos) que proliferam em condições de climas favoráveis, como ambientes úmidos, mal ventilados ou sombreados. Verçoza (1991) agrega que a umidade não é apenas uma causa de patologia, ela age também como um meio necessário para que grande parte da patologia em construções ocorra. Ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores.

O bolor ocasiona a degradação dos materiais constituintes devido às movimentações higroscópicas, Cavalcante *et al*. (2016) frisou que os problemas de umidade quando surgem nas edificações, sempre trazem um grande desconforto e degradam a construção rapidamente, sendo as soluções caras. Enfim Lopes *et al*. (2016) afirma que as principais consequências desse problema patológico são de natureza estética, mas podem estar relacionadas também à saúde dos usuários das edificações.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2 Manchas

Segundo Verçoza (1991), mancha é a saturação de água nos materiais sujeitos a umidade tendo como consequência o aparecimento de manchas características e posterior deterioração.

As manchas e eflorescências podem alterar a cor da pintura e do revestimento da parede. Essa manifestação patológica apresentada pode ocorrer através da execução inadequada de impermeabilização, essas manchas podem ser causadas também pelo vazamento de redes pluviais ou pela chuva que atinge a parede lateral, por causa do mau posicionamento das calhas.

De acordo com Parisi Jonov *et al.* (2013) as manchas podem se manifestar acompanhadas ou não da formação de eflorescência ou vesículas. Podendo apresentar-se com colorações diferenciadas, como marrom, verde e preta, entre outras, conforme a causa. Os revestimentos frequentemente estão sujeitos à ação da umidade e de microrganismos, os quais provocam o surgimento de algas e mofo, e o consequente aparecimento de manchas pretas ou verdes. As marrons, geralmente, ocorrem devido à ferrugem. (Bauer, 1997).

Conforme Verçoza (1991, p. 151): “São bastante comuns os vazamentos em calhas, condutores, algerozes e outros aparelhos que são utilizados com a finalidade de se coletar a água vinda de chuvas. Estes vazamentos são manifestados através de manchas nos forros ou paredes que lhe ficam abaixo, assim como por goteiras”.

Se manchas ou bolhas aparecem no meio da parede ou no forro, são indicação de infiltração por tubulação hidráulica e devem ser verificados se não existem vazamentos, afirma Valle (2008).

Helene (1992) apresenta como manifestação de mais elevada incidência as manchas superficiais, embora, do ponto de vista das consequências quanto ao comprometimento estrutural e quanto ao custo da correção do problema, uma fissura de flexão ou a corrosão das armaduras seja mais significativas e graves.

2.3 Eflorescência

De acordo com Ribeiro *et al.* (2016) a umidade é uma das grandes causadoras de aparecimento de patologias no meio da construção civil, prever e evitar seu surgimento é garantir a segurança do edifício.

Segundo Santos (2014) o surgimento de umidade dar-se de diversas formas, sendo provinda do solo, da atmosfera e até da própria construção. Sendo ela provinda do solo, uma construção ficará mais vulnerável ao surgimento de patologias, caso tenha contato direto de um material poroso com o solo, pois por efeito de capilaridade a umidade entrará em contato com esse material, já que buscará certo equilíbrio, por quanto maior a proximidade do lençol freático com o terreno. Podem-se encontrar manifestações causadas pela atmosfera de duas formas: águas de chuvas e condensações; já nas provindas da própria construção: reservatório e unidades hidrossanitárias podem acarretar tais problemas. Ressalta-se ainda, que um metro cúbico de alvenaria contém 130 a 230 litros

ISBN: 978-85-65425-32-2

de água, sendo uma alvenaria recém-construída, de acordo com Verçoza (1985, *apud* Santos, 2014).

A eflorescência pode ser definida como depósito de sais em diversos materiais construtivos, assim como no solo, na água e na atmosfera. Essa anomalia dar-se o nome através da migração da umidade para a superfície das alvenarias que por serem materiais porosos, absorvem com maior facilidade a umidade e seus intempéries, havendo uma evaporação da água e permanecendo os sais que ficam em forma de manchas brancas. Ribeiro *et al*. (2016) ainda reforça que a concentração de sais nas regiões semiáridas e áridas como é o caso de Sertânia PE, são maiores devido a ventos contínuos, elevadas evaporação e baixa infiltração, acarretando uma maior ocorrência de eflorescência.

Uemoto (1985, *apud* Sousa, 2008) reforça que o prejuízo causado por os depósitos de sais na superfície, pode trazer desde problemas estéticos a serem seriamente agressivas, causando uma degradação profunda.

A eflorescência pode ser também encontrada em materiais cerâmicos de revestimento, Junginger (2003) e Bauer, (1997) afirmam que para o acontecimento dessa anomalia é necessária à junção de três fatores: presença de água, haver sais na argamassa, materiais cerâmicos, argamassa; e a pressão isostática. Pezzato (2010) complementa que a eflorescência, nesses casos, ocorre principalmente em materiais porosos, sendo manifestado na superfície através do rejunte.

2.4 Fissuras

As Construções apresentam manifestações patológicas com facilidade, sendo de pequena ou grande significância e consequência. Thomaz (1989) destaca a fissura como sendo a mais importante no momento da verificação, devida a três aspectos essenciais: o aviso de algum estado severo e perigoso na estrutura, o comprometimento do desempenho da obra em estado de utilização e o constrangimento que a fissura tem sobre os usuários.

Segundo Duarte (1998, *apud* Moch, 2009), atualmente as construções têm um maior grau de exigências, comparada com as de antigamente, paredes por ter uma espessura menor que antes, exige das estruturas um esforço cada vez maior, estando assim mais vulneráveis as movimentações causadas por variações de temperatura e umidade.

Surgimento de fissuras pode dar-se, conforme Moch (2009), por vários fatores, entre eles destaca-se: variações de temperatura, retração do reboco, carregamentos excessivos sobre as paredes, recalques de fundações e outras diversas.

Um estudo feito por Magalhães (2004), em edifícios no Rio Grande do Sul, aponta que: 31,84% das fissuras eram decorrentes de variações de temperatura, seguida das causadas por recalque de fundações (27,80%), detalhes construtivos (14,35%), deformações (11,60%), retração-expansão (10,31%), sobre cargas (2,24%), e reações químicas (1,8%).

Normalmente com a movimentação dos elementos no decorrer do tempo de vida da edificação, essas fissuras vão surgindo nos cantos das paredes, geralmente em ângulos de 45 graus, entretanto, podem ser também verticais ou horizontais.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.5 Recalque

Magalhães (2004) afirma que recalques de fundações ocorrem quando existem movimentações diferenciais que excedem a capacidade resistente da alvenaria, podendo ser originadas por falhas no sistema de fundação ou por recalques do terreno.

O termo recalque define o processo que acontece quando uma edificação sofre um rebaixamento ocasionado pelo adensamento do solo sob sua fundação. Este problema é a principal causa de fissuras e rachaduras nas construções, principalmente quando ocorre o recalque diferencial, que se caracteriza pelo fato de uma parte da obra rebaixar mais do que a outra, o que gera esforços estruturais que não estavam previstos na elaboração do projeto, podendo ocasionar o colapso na estrutura, assim define Gusmão (2006).

Segundo Rodrigues *et al.* (2016) Todos os tipos de solos, quando submetido a uma carga, sofrem recalques, inevitavelmente, em maior ou menor grau, dependendo das propriedades de cada solo e da intensidade do carregamento. Os recalques geralmente tendem a cessar ou estabilizar após certo período de tempo, mais ou menos prolongado, e que depende das peculiaridades geotécnicas dos solos, é um fenômeno que ocorre quando uma obra sofre um rebaixamento devido ao adensamento do solo (diminuição dos seus vazios) sob sua fundação. É um desnivelamento de uma estrutura devido à deformação do solo.

Toda edificação está sujeita a deslocamentos verticais (recalques), durante ou mesmo após a sua conclusão, por um determinado período de tempo, até que o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo seja atingido. Esses movimentos podem provocar a ocorrência de falhas, evidenciadas pelos desnivelamentos de pisos, trincas e desaprumos da construção. (Caputo, 2012). Sendo o recalque diferencial, a principal causa de trincas e rachaduras nas estruturas, ou seja, uma parte da obra rebaixa mais que outra gerando esforços estruturais não previstos e podendo até levar a construção à ruína.

3. Metodologia

O projeto apresentado trata-se de um estudo de campo, do tipo descritivo, com dados de natureza qualitativa, adotando como estratégia de coleta de dados, visitas à instituição em estudo, com caráter investigativo e descritivo.

3.1 Campo de Pesquisa

Escola Técnica Estadual Arlindo Ferreira dos Santos no município de Sertânia/PE.

3.2 Procedimento Metodológico

Foi realizada a Revisão bibliográfica e pesquisa documental utilizando as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. Em paralelo a revisão da literatura, foi realizada uma visita técnica minuciosa, com o objetivo de identificar as patologias existentes. As patologias identificadas foram separadas por pavimentos; térreo, primeiro andar e área externa da escola, que foram mutuamente subdivididos por seus respectivos

ISBN: 978-85-65425-32-2

problemas. Paralelamente foram feito registros fotográficos e inspeções visuais para um enriquecimento do conteúdo abordado.

O roteiro de inspeção para avaliar a situação do prédio patrimonial foi baseado na Metodologia GDE/UnB citada por Fonseca (2007) e na Norma NBR 6118/2007 – Projetos de estrutura de Concreto Armado (ABNT, 2007), além de livros didáticos que contemplem o tema de patologia das construções.

O procedimento inicial com base no GDE foi o levantamento de documentação dos projetos arquitetônicos e estruturais da unidade, desenvolvimento do projeto “as Built” e verificação do projeto construído com a NBR 6118 (ABNT, 2007) vigente.

Após o mapeamento dos problemas, foi feito um diagnóstico da área, observando a gravidade destes, e formas de prevenção.

4. Resultados

Através das visitas à edificação foram feitas vistorias e mapeamento das manifestações patológicas. Os resultados serão apresentados em forma de registro fotográfico e de um quadro resumo das manifestações por tipo e localização. Destaca-se que a fissuras foram quantificadas metricamente também.

4.1 Pavimentos no Térreo

4.1.1 - Paredes entre os banheiros feminino e masculino

Lado esquerdo: Ocorrência de fissura com 70 centímetros de comprimento medida na diagonal; e de bolor (área: 32 x 70 centímetros), ainda consta a presença de eflorescência (Foto 01).

Lado direito: Ocorrência de fissura com aproximadamente 22 centímetros de comprimento, na horizontal; e presença de eflorescência (Foto 02).

Foto 01 – Parede do banheiro masculino e feminino. Lado esquerdo. Ocorrência: fissura e eflorescência.

Fonte - O autor, 2017.

Foto 02 – Parede do banheiro masculino e feminino. Lado direito. Ocorrência: fissura

Fonte - O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.1.2 - Banheiro Feminino

Ocorrência de bolor no teto, com aproximadamente 70 x 80 centímetros de comprimento (Foto 03). Na Foto 04, o bolor apresenta-se um pouco disperso com furos no teto, presença de infiltração.

Foto 03 – Banheiro feminino. Ocorrência: bolor no teto

Fonte - O autor, 2017.

Foto 04 – Banheiro feminino. Ocorrência: bolor no teto e infiltração

Fonte - O autor, 2017.

4.1.3 - Banheiro Masculino

Constatou-se a presença de bolor e eflorescência, causando buracos no teto. Nas paredes havia infiltração (Foto 05).

Foto 05 – Banheiro Masculino. Ocorrência: bolor, eflorescência e infiltrações.

Fonte - O autor, 2017.

4.1.4 - Pátio em frente aos banheiros

Ocorrência de fissuras com comprimentos de até 2,0 metros causando o rebaixamento do teto de gesso (Foto 06), e de até 3,5 metros na parede (Foto 07).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Foto 06 – Pátio em frente aos banheiros. Teto. Fissuras

Fonte - O autor, 2017.

Foto 07 – Parede. Fissuras

Fonte - O autor, 2017.

4.1.5 - Refeitório

Ocorrência de fissuras no chão, com até 3,0 metros de comprimento (Foto 08). Ocorrência de fissura na parede onde está o corrimão (Foto 09). Ocorrência de fissuras com até 4 metros de comprimento ao longo do forro de gesso na direção do corredor para o refeitório (Foto 10). Ocorrência de bolor, eflorescência e infiltração na porta de entrada da cozinha do refeitório (Foto 11). E entre as pias de lavar mão, constatou-se infiltração e bolor (Foto 12).

Foto 08 – Refeitório. Fissuras no chão.

Fonte - O autor, 2017.

Foto 09 – Refeitório. Fissuras na parede

Fonte - O autor, 2017.

Foto 10 – Refeitório. Fissuras no teto

Fonte - O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Foto 11 – Refeitório. Ocorrência de bolor, eflorescência e infiltração

Fonte - O autor, 2017.

Foto 12 – Refeitório. Ocorrência de bolor e infiltração

Fonte - O autor, 2017.

Observação: Nas cinco salas que compõem a coordenação, direção e secretaria, bem como nas duas salas de laboratórios não foram encontradas patologias, estão todas preservadas.

4.2 Pavimentos na parte superior

4.2.1 - Banheiro Feminino

Infiltrações, eflorescências, fissuras e bolores foram constatados. O banheiro, inclusive, está interditado (Foto 13 a 14).

Foto 13 – Banheiro Feminino. Presença de eflorescência e infiltração

Fonte - O autor, 2017.

Foto 14 – Banheiro Feminino. Presença de bolor e fissuras

Fonte - O autor, 2017.

4.2.2 - Banheiro Masculino

Presença de bolor, eflorescência e aparecimento de fissura no teto (Foto 15 a 18).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Foto 15 – Banheiro Masculino. Presença de bolor

Fonte - O autor, 2017.

Foto 16 – Banheiro Masculino. Presença de eflorescência

Fonte - O autor, 2017.

Foto 17 – Banheiro Masculino. Presença de fissura

Fonte - O autor, 2017.

Foto 18 – Banheiro Masculino. Presença de bolor e fissura

Fonte - O autor, 2017.

4.2.3 - Salas 1, 2, 3 e 4 lado esquerdo

Sala 1: Ocorrência de fissura no chão (Foto 19) e eflorescência (Foto 20).

Foto 19 – Sala 1. Presença de Fissura no chão

Fonte - O autor, 2017.

Foto 20 – Sala 1. Presença de eflorescência

Fonte - O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Sala 2: Eflorescência e bolores (Foto 21).

Sala 3: Eflorescência devido à parede ficar exposta ao sol e a chuva (Foto 22).

Sala 4: Eflorescência e fissura devido exposição solar e susceptibilidade as chuvas (Foto 23).

Foto 21 – Sala 2. Presença de eflorescência e bolor

Fonte - O autor, 2017.

Foto 22 – Sala 3. Presença de eflorescência

Fonte - O autor, 2017.

Foto 23 – Sala 4. Presença de eflorescência e fissura

Fonte - O autor, 2017.

4.2.4 - Salas 1, 2 3 e 4 lado direito.

Sala 1: Ocorrência de eflorescência com até 1 metro de comprimento e fissura com aproximadamente 67 centímetros (Foto 24).

Sala 2: Não houve manifestação patológica.

Sala 3: Presença de eflorescência (Foto 25).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Foto 24 – Sala 1. Presença de eflorescência e fissura

Fonte - O autor, 2017.

Foto 25 – Sala 3. Presença de eflorescência

Fonte - O autor, 2017.

Sala 4: Bolor e eflorescência (Foto 26 e 27).

Foto 26 – Sala 4. Presença de bolor

Fonte - O autor, 2017.

Foto 27 – Sala 4. Presença de eflorescência

Fonte - O autor, 2017.

4.2.5 - Parte da frente externa

Constatou-se eflorescência, bolor e fissuras (Foto 28).

Foto 28 – Parte da Frente Externa. Presença de bolor.**Fonte -** O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.2.6 - Biblioteca

Fissuras, eflorescência e bolor (Foto 29).

Foto 29 – Biblioteca. Presença de Fissuras, eflorescência e bolor

Fonte - O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Abaixo, apresenta-se o Quadro 1, indicando as principais manifestações patológicas encontradas e sua localização na edificação.

Quadro 1 – Mapeamento das principais manifestações patológicas

Patologia	**Bolor**	**Eflorescência**	**Fissura**	**Infiltração**
Local: pavimentos no térreo				
Entrada externa	X	X	X	
Parede entre os banheiros		X	X	
Banheiro Feminino	X			X
Banheiro Masculino	X	X		X
Pátio (em frente aos banheiros)			X	
Refeitório	X	X	X	X
Local: pavimentos no 1º andar				
Banheiro Feminino	X	X	X	X
Banheiro Masculino	X	X	X	
Lado esquerdo: sala 1		X	X	
Lado esquerdo: sala 2	X	X		
Lado esquerdo: sala 3		X		
Lado esquerdo: sala 4		X	X	
Lado direito: sala 1		X	X	
Lado direito: sala 2	-	-	-	-
Lado direito: sala 3		X		
Lado direito: sala 4	X	X		
Biblioteca	X	X	X	
Soma por patologia	9	14	10	4
Total	37			

Fonte - O autor, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Discussão

A edificação analisada possui, apenas, 7 (sete) anos de construída e foi inaugurada em Março de 2010. Possui 25 (vinte e cinco) áreas, divididas em dois pavimentos (superior e térreo), as manifestações apareceram em 15 (quinze) dessas áreas, ou seja, 60% da obra.

Pelas constatações, é possível observar, de maneira geral, que as manifestações patológicas detectadas são as mais frequentes em obras, tais como fissuras, bolores, eflorescências e infiltrações.

Remetendo-se ao Quadro 1, percebe-se que as patologias surgiram com mais frequência em locais que estão expostos a ocorrência de chuva ou próximas às instalações hidráulicas, como a parte externa da edificação e os banheiros. Ressalta-se inclusive que um dos banheiros está interditado.

Ainda sobre o Quadro 1, organizando-o em forma de gráfico, é possível observar que a principal ocorrência patológica na edificação em estudo, equivale as eflorescências com 38%, seguida das fissuras com 27% e bolor com 24%, em menor número ocorrem as infiltrações (11%).

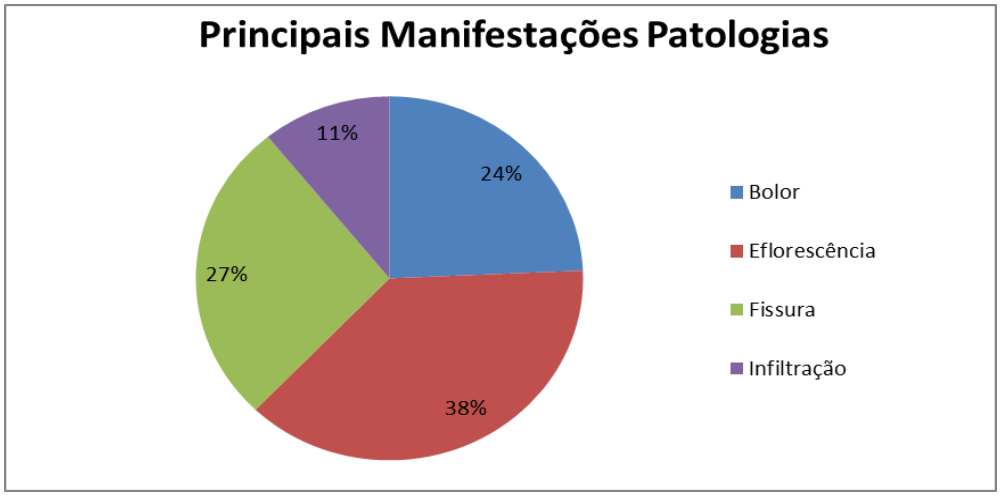


Figura 1- Principais Manifestações patológicas

Fonte - O autor, 2017.

Como já referenciado, a eflorescência é originada por três fatores, que possuem o mesmo grau de importância. São eles: o teor de sais solúveis presentes nos materiais ou componentes, a presença de água e a pressão hidrostática, que faz com que a migração da solução ocorra, indo para a superfície. Todos os três fatores devem existir e, caso algum deles não esteja presente, não haverá a formação desta patologia.

Para evitar esse inconveniente, basta que se tenha o cuidado de aguardar a cura de argamassas novas (28 dias) e certificar-se que a superfície esteja completamente seca antes de aplicar a tinta.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Para corrigir a eflorescência, deve-se aguardar a secagem da superfície, eliminar eventuais infiltrações, aplicar uma demão de Fundo Preparador de Paredes base d'água e aplicar acabamento.

Lembrando-se que, havendo vazamentos ou infiltrações de água, o fenômeno da Eflorescência pode ocorrer mesmo após a cura completa do reboco, portanto deve-se observar atentamente a impermeabilização.

No caso do bolor, essa patologia provoca alteração na superfície, exigindo na maioria das vezes a recuperação ou até mesmo a necessidade de se refazer revestimentos, gerando gastos dispendiosos. O crescimento de bolor está diretamente ligado à existência de umidade (alto teor no elemento o qual estão ou no ar). É comum o bolor em paredes umedecidas por infiltração de água ou vazamento de tubulações.

Para se evitar que o bolor aconteça nas edificações, já na fase de projeto, medidas devem ser tomadas. Essas medidas visam garantir uma ventilação, iluminação e insolação adequada aos ambientes, assim como idealizar a diminuição de risco de condensação nas superfícies internas dos componentes e também evitar riscos de infiltração de água através de paredes, pisos e/ou tetos, Alucci *et al*. (1988).

Caso não seja possível prevenir, e a patologia se desenvolva, a limpeza da superfície é necessária, com emprego de soluções fungicidas podendo até ocorrer a troca de materiais, que estavam contaminados por outros que resistam a ação de crescimento do bolor.

As fissuras são causadas pela movimentação de materiais e componentes da construção, além disso, podem ser consequência da ocorrência de vibrações na área. A melhor solução sempre é a prevenção, no caso das fissuras, usar materiais de qualidade, fazer o cálculo estrutural correto, ter uma boa mão de obra e fazer a impermeabilização podem ajudar a prevenir o surgimento destas nas edificações, ou pelo menos retardar o processo, já que como visto o surgimento das fissuras não está apenas relacionado com fatores técnicos, mas também com fatores naturais, como um tremor de terra, por exemplo.

Nas situações em que já se desenvolveram fissuras na edificação, é importante detectar primeiramente o motivo de seu surgimento. Comumente, para micro fissuras a solução é a aplicação de um impermeabilizante acrílico. Já para fissuras em alvenaria aplica-se “mástique” acrílico.

O problema da infiltração de início pode parecer algo irrelevante, que não influenciará na edificação, porém não é tão simples e fica ainda mais grave quando não tratado. O problema pode ser diagnosticado no momento de aplicação das instalações, onde se encontra alguma falha na instalação ou então no processo de impermeabilização. Processo esse de extrema importância para evitar infiltrações no local. As infiltrações causam danos visíveis à pintura do local. Dentro do corpo da obra, as infiltrações danificam a estrutura e podem ocasionar danos ainda maiores, como por exemplo, corrosão na estrutura metálica.

Para prevenir o meio mais coerente é seguir a risca as exigências de construção. Se executado de forma correta, dificilmente uma construção terá danos e problemas. Porém, se esses problemas surgirem, tais como fissuras e rachaduras devem ser tratadas com urgência por profissionais capacitados e por métodos eficientes. Uma patologia requer um

ISBN: 978-85-65425-32-2

estudo apurado para se obtiver um resultado satisfatório, do contrário uma sucessão de erros acarretará no aumento de problemas.

A comunicação deve terminar com um capítulo de conclusões que visa sistematizar as proposições mais importantes do trabalho, destacar as suas principais particularidades e novas contribuições, assim como as suas implicações práticas.

6. Conclusão

Em suma, é possível concluir que a edificação, com apenas 7 anos, já apresenta 60% da sua área comprometida com algum tipo de patologia.

As principais ocorrências tratam-se de eflorescências (38%), fissuras (27%), bolor (24%), e infiltrações (11%).

Em geral, a origem dessas falhas pode ser: no projeto ineficiente; em falhas de execução; má qualidade dos materiais empregados; e má utilização dos edifícios pelos usuários. Em termos de forma de prevenção, tais patologias poderiam ser evitadas, na maior parte dos casos, com o uso de impermeabilizante, bem como uma devida execução das etapas da obra.

Sugere-se o tratamento imediato dessas patologias para que os problemas não se agravem, resultando em um ambiente inseguro para a população da Escola Técnica Estadual Arlindo Ferreira dos Santos.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica e Técnologica – PIBICT, pelo suporte ao desenvolvimento do estudo.

Referências Bibliográficas

Alucci, M. P., Flauzino, W. D., Milano, S. (1988). Bolor em edifícios: causas e recomendações. Tecnologia de Edificações, São Paulo. Pini, IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, Coletânea de trabalhos da Div. de Edificações do IPT. São Paulo.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2013). NBR 15.575: Edificações habitacionais. Parte 1 – Requisitos Gerais: Vida Útil (VU). Rio de Janeiro.

_____. (2007). NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro.

Bauer, R. (1997). Patologia em revestimentos de argamassa inorgânica. In: Simpósio Brasileiro De Tecnologia Das Argamassas. Salvador. Anais p. 321-33.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Caputo. H. P. (2012). Mecânica dos solos e suas aplicações. 6. Ed. Rio de Janeiro, LTC, v. 2.

Cavalcante *et al*. (2016). Caracterização dos danos em construções históricas de alvenaria vernacular: casos de estudo.

Fonseca, Regis Pamponet (2007). A Estrutura do Instituto Central de Ciências: aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e proposta de manutenção. Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Brasília/DF.

Gusmão, Alexandre Duarte. (2006). Desempenho de Fundações de Edifícios. Curitiba, XIII COMBRASEG, Anais.

Helene, P.R.L. (1992). Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. São Paulo: Pini.

Junginger, M. (2003). Rejuntamento de revestimentos cerâmicos: influência das juntas de assentamento na estabilidade de painéis. 2003. 141 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia de Construção Civil. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, SP.

Lichtenstein, N. (1985). Patologia Das Construções: Procedimento Para Formulação Do Diagnóstico De Falhas E Definição De Conduta Adequada À Recuperação De Edificações. São Paulo: Escola Politécnica da USP: Dissertação (mestrado em Engenharia Civil).

Lopes. *et al*. (2016). Manifestações Patológicas em Revestimentos de Argamassa – Estudo de Caso das Casas da Vila Gianetti em Viçosa- MG.

Machado, Sandro Lemos (2002). Relatório final do projeto purifica: proposta para remediação de áreas degradadas pela atividade extrativa de chumbo em Santo Amaro da Purificação, Salvador.

Magalhães, E.F. (2004). Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no estado do Rio Grande do Sul. Trabalho de conclusão (Mestrado profissionalizante em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Moch. T. (2009) Interface esquadria/alvenaria e seu entorno: análise das manifestações patológicas típicas e propostas de Soluções. Porto Alegre.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Parisi Jonov, Cristiane Machado; Nascimento, Nilo de Oliveira; Paulo e Silva, Adriano de. (2013). Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. Ambiente construído, Porto Alegre, RS, BRASIL,v.13,n.1,p.75-94, janeiro a março de 2013.

Pezzato, L. M. (2010). Patologias no sistema revestimento cerâmico: um estudo de casos de fachadas. 2010. 160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Pinto et at. (2016). Estudo Sobre as Manifestações Patológicas de Edificação Residencial Multifamiliar no Município De Fortaleza-CE.

Ribeiro. L. *et al*. (2016). Manifestações patológicas: nas escolas de ensino fundamental e médio do município de Monteiro – PB.

Rodrigues *et al*. (2016). Análise de Manifestações Patológicas Encontradas na Ponte Simplício dias na cidade de Parnaíba-PI.

Santos, S. (2014). Revista on-line Especialize: Patologias das Construções. Curitiba; Jul. 2014. Disponível em: http://www.patologia-das-construcoes-10111121%20(1).pdf. Acesso em 29 de Jul. 2017.

Sousa, M. F. (2008). Patologias ocasionadas pela umidade nas edificações. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte. 54 f.

Thomaz, E. (1989). Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação, São Paulo: Pini Escola Politécnica da USP: IPT.

Tutikian, F.B. (2012). Massa cinzenta. Brasil avança no combate à patologia das construções. Outubro de 2012. Disponível em: http://www.cimentoitambe.com.br/brasil-avanca-no-combate-a-patologia-das-construcoes/. Acesso em 19 de Julho de 2017.

Valle, Juliana B S. (2008). Patologia das alvenarias. Monografia – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Verçoza, E. J. (1991). Patologia das Edificações. Porto Alegre, Editora Sagra.172p.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO EM EDIFICAÇÕES DA REGIÃO DO VALE DO AÇU/RN

Analysis Of The Pathologies In Reinforced Concrete Structures In Buildings Of Vale Do Açu / RN

Ornella Almeida Lacerda LIRA[1], Ruan Carlos COSTA[2], Jeann Lázzaro Rodrigues Dantas dos SANTOS[3]

[1] Universidade Potiguar (UnP), Mossoró - RN, Brasil, ornella-lacerda@hotmail.com

[2] Universidade Potiguar (UnP), Mossoró - RN, Brasil, ruan.2403@hotmail.com

[3] Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Angicos - RN, Brasil, jeannlazzaro.engenharia@gmail.com

Resumo: As estruturas de concreto armado são compostas pela associação do concreto com barras de aço nele inseridas, de modo que estabeleçam um vínculo sólido e único, do ponto de vista mecânico quando submetido às ações externas. Com o decorrer do tempo ou por erros executivos, as edificações podem apresentar patologias em suas estruturas. Este trabalho tem como objetivo identificar em edificações da região do vale do Açu as principais patologias apresentadas nas estruturas de concreto armado, avaliando as suas causas e possíveis correções. Foram visitadas edificações em execuções e já concluídas há cerca de 20 anos, onde visualmente se identificaram algumas manifestações patológicas presentes na estrutura de concreto armado. Por meio da análise direta do problema e registro fotográfico do local, pode-se analisar tecnicamente cada caso. Os resultados mostram que a maioria das patologias que ocorreram nas estruturas poderiam ser reduzidas caso houvesse um efetivo controle de qualidade e fiscalização durante os processos construtivos, aliado a um programa de manutenção preventiva das estruturas de concreto armado.

Palavras-chave: Patologias. Concreto Armado. Recuperação.

Abstract: The reinforced concrete structures are composed by the Association of concrete with steel bars embedded in it, so establishing a solid single, the mechanical standpoint when subjected to external actions. With the time or runtime error may have pathologies in the structures of buildings. This buildings aims to identify in the region the Vale do Açu the main pathologies in reinforced concrete structures, evaluantig their causes and possible fixes. Buildings were visited in executions and already completed about 20 years, where visually identified some pathological manifestations present in the reinforced concrete structure. Through the direct analysis of the problem and photographic record of the site, you can analyze technically each case. The results show that mosto of the pathologies that

ISBN: 978-85-65425-32-2

have occurred in the structures could be reduced if there was an effective control of quality and supervision during the construction process, combined with a programo of preventive maintenace of reinforced concrete structures.

keymords: pathologies. Reinforced Concrete. Recovery.

1. Introdução

Ao longo dos tempos, o homem tem lançado mão de diversos materiais para suas construções. Madeira e pedra estabeleciam o limite da imaginação arquitetônica na antiguidade. O dimensionamento de estruturas ficou durante séculos, limitado às características intrínsecas desses materiais básicos. Não havia como ir além de obras com poucos pavimentos, com paredes largas e com pequenos vãos livres (LAPA, 2008).

A tecnologia do concreto armado só ganhou espaço e credibilidade a partir do começo do século XIX, com o aperfeiçoamento de técnicas para a produção desse material revolucionário, com características admiráveis de resistência, durabilidade e versatilidade. Com isso mudaram significativamente os conceitos de cálculo na engenharia civil, possibilitando estruturas esbeltas e grandes vãos livres, além da obtenção de formas arquitetônicas e soluções de engenharia arrojadas (LAPA, 2008).

Ainda segundo Lapa (2008), Emílio Baumgart foi quem melhor dominou essa ciência no Brasil. Professor e calculista de notável capacidade, muito além do conhecimento acadêmico da época, desenvolveu uma série de projetos notáveis. O edifício A Noite, no Rio de Janeiro, considerado na época o edifício mais alto do mundo, assim como outras construções célebres de sua genial autoria, marcaram história na engenharia civil nacional e mundial.

A engenharia civil está em constante processo evolutivo, seja pelos materiais utilizados para os diversos tipos de construções, seja pelas técnicas construtivas empregadas. O homem desde os primórdios vem desenvolvendo materiais, técnicas e métodos em suas construções, consolidando assim cada vez mais a tecnologia da construção, a tecnologia dos materiais e as respectivas técnicas construtivas (CAVACO, 2008).

Patologia das estruturas de concreto armado é o campo da engenharia que se ocupa dos estudos dos sintomas, dos mecanismos das causas e das origens dos defeitos das construções civis.

Com base nos conhecimentos atuais dos processos e mecanismos destrutivos que atuam sobre as estruturas e considerando a grande evolução tecnológica dos últimos anos, com o desenvolvimento de equipamentos e técnicas de observação de estruturas, é perfeitamente possível diagnosticar com êxito a maioria dos problemas patológicos.

Neste trabalho pretende-se listar algumas causas e soluções, apresentar inúmeros problemas enfrentados pelos arquitetos e engenheiros em seu trabalho de projetar, construir, fiscalizar e manter a qualidade de obras civis.

As patologias constituem um problema muito grave para uma estrutura, pondo em risco a sua funcionalidade, vida útil, segurança da mesma e dos componentes de uma maneira

ISBN: 978-85-65425-32-2

geral. Observando o estado atual dos edifícios mais antigos, pode-se notar o crescente panorama de degradação em que eles se encontram. Este processo de degradação é acompanhado de diversos fatores, que de certa forma são importantes para a identificação dos problemas patológicos existentes.

Com isso, é importante saber quais as principais patologias das estruturas de concreto armado existentes, suas possíveis causas e que processos usar para a sua mitigação.

Dentro deste contexto o objetivo deste trabalho é identificar, as patologias existentes nas estruturas de concreto armado devido a erros de projeto, falhas construtivas e má utilização. Possuindo por objetivos específicos avaliar/diagnosticar patologias presentes nas estruturas de concreto armado e analisar métodos de manutenção preventivos e corretivos nas patologias encontradas em obras visitadas.

2. Metodologia

Inicialmente foi realizado um levantamento teórico através de pesquisas bibliográficas, onde realizou-se uma seleção das principais patologias encontradas em estruturas de concreto armado, assim como suas causas, consequências e possíveis soluções, um estudo de caso, com visitas a obras em construção, obras recém-acabadas e obras antigas, onde foram realizados registros fotográficos de diversos problemas patológicos encontrados nas estruturas de concreto armado.

Nas inspeções das estruturas de concreto, são muitas as técnicas envolvidas na detecção, identificação, avaliação, caracterização e monitoramento das patologias. Tais técnicas possuem grande importância no controle do fenômeno, seja nas operações preventivas, ou no tratamento do problema. As técnicas de inspeção assumem papel de relevância, uma vez que permitem que seja exercida a ideia do pré-diagnostico, que assegura às operações de recuperação, prognósticos satisfatórios em nível de durabilidade.

Dessa maneira, foi obtida informações junto aos, responsáveis pela execução das edificações, para verificar se havia algum tipo de rotina de manutenção em ambas as estruturas. Posteriormente o levantamento dos projetos estruturais e arquitetônicos para a compreensão total da estrutura e a identificações de erros na concepção da estrutura.

Destaca-se que todas as edificações em estudo apresentam agressividade ambiental na Classe II ou moderada de acordo com a NBR 6118/2014 da ABNT.

2.1 Caracterização da área em estudo

As cidades de Alto do Rodrigues, Ipanguaçu e São Rafael, ambas localizadas no Vale do Açu, no estado do Rio Grande do Norte, foram selecionadas para seleção das edificações do estudo de caso. Na figura 1 é apresentado os mapas com a localização das cidades, Alto do Rodrigues em amarelo, Ipanguaçu em vermelho e São Rafael em Azul.

A cidade de Alto do Rodrigues de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano 2010 sua população era estimada em 12.306 habitantes. Área territorial de 191 km². A edificação onde realizou-se análise das Patologias de concreto armado no

ISBN: 978-85-65425-32-2

município foi identificada como edificação “A”, que se refere à construção de um centro de educação tecnológica estadual. A mesma possui todos os projetos necessários, a edificação ainda está em construção e encontra-se em fase final de acabamento, possuindo tempo de execução de aproximadamente 3 anos.

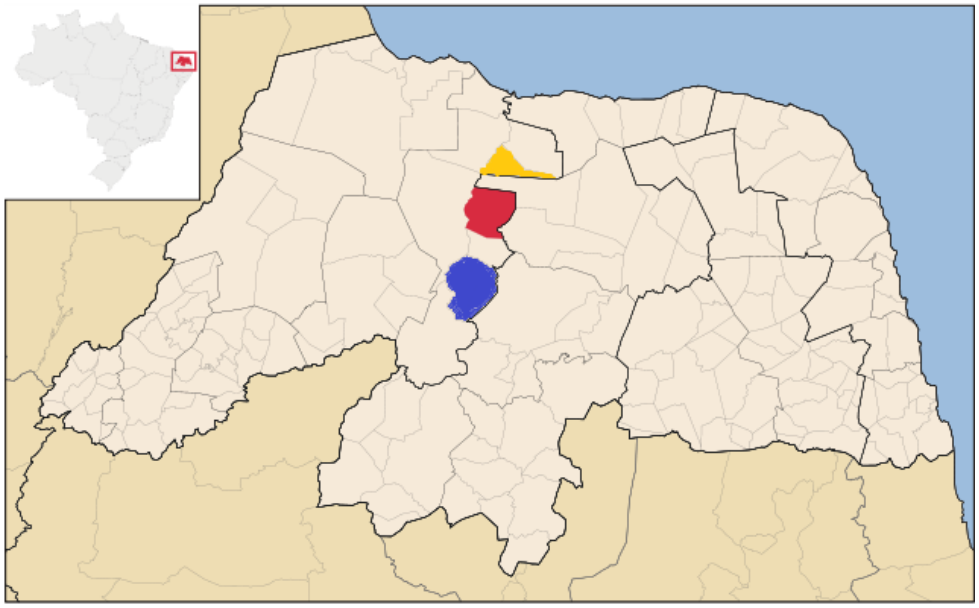


Figura 1 - Mapa de localização dos municípios em estudo.

O município de Ipanguaçu, de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano 2003, sua população está estimada em 14.814 habitantes. Possui uma área territorial de aproximadamente 375 km² de extensão. A edificação em que foi realizado a análise das Patologias de concreto armado no município de Ipanguaçu foi identificada como edificação “B”, trata-se de um reservatório de água, que possui a idade aproximadamente de 20 anos segundo população local e não atende mais a população com a distribuição de água há alguns anos.

O último município a integrar esse trabalho foi São Rafael que de acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano 2003, sua população era estimada em 8.311 habitantes. Área territorial de 469 km². No município de São Rafael foi realizado visitas e analises patológicas visuais em quatro edificações, identificadas como edificações “C”, “D”, “E” e “F”.

A edificação “C” refere-se a uma Unidade Escolar de Construção Infantil e está em construção desde 2010 e não há previsão de entrega. O Centro de Referência e Assistência Social foi identificado como edificação “D” e se encontra em fase final de construção, porém já apresenta algumas patologias provenientes de vícios construtivos. A edificação “E” faz referência a Unidade Base de Saúde e está em fase final, também apresenta alguns

ISBN: 978-85-65425-32-2

problemas patológicos. Por fim, a edificação “F” que se refere a um edifício residencial com um pavimento térreo e um pavimento tipo ainda em fase de construção.

3. Resultados e Discussões

Durante a vistoria das edificações “A”, “B”, “C”, “D”, “E” e “F” foi possível identificar vários tipos de manifestações patológica e serão apresentadas a seguir as principais patologias identificadas em estruturas de concreto armado, assim como suas origens, consequências e possíveis reparos, o tipo de edificação de cada obra, qualidade da mão de obra, presença de projetos estruturais e controle dos métodos executivos.

3.1 Patologias identificadas na edificação “A”

A edificação “A” é referente a construção de um Centro Estadual de Educação Profissional e Tecnológica, sendo identificado a partir dos projetos que a mesma é composta de um bloco de salas de aula no seu primeiro andar e um bloco de laboratórios e administração no seu térreo, além de um ginásio poliesportivo, um refeitório, um auditório, laboratórios especiais, passarelas, rampas de acesso e escadas e uma biblioteca com um pavimento térreo e um primeiro andar.

Apesar das etapas construtivas da edificação não terem sido concluídas, a mesma já apresenta inúmeros problemas patológicos decorrentes de erros de execução, vícios construtivos, mão de obra pouco qualificada e principalmente pela falta de controle.

Na figura 2 podemos identificar erros de locação de viga baldrame e ausência de impermeabilização ambos localizados no bloco do laboratório. O erro na locação é indicado pela seta, na figura indica o local onde a cinta foi previamente concretada de forma equivocada, aproximadamente 1 metro da posição correta, na imagem os operários estão executando a correção, locando como detalhado no projeto de formas e estrutural. Outro problema identificado foi a ausência de impermeabilização da vida baldrame, que previamente foi projetada e orçada, porém não executada. Este erro irá gerar problemas de infiltração desencadeando uma série de manifestações patológicas.

Na figura 3 é apresentada a representação de um problema que incide em praticamente todos os pilares concretados, esta patologia é denominada como juntas de concretagem, esse problema ocorre devido a execução dos pilares em etapas, onde é utilizado vários traços de concreto, com qualidades diferentes, acarretando em uma heterogeneidade. Esse fato gera uma perda de resistência, que acarretará em deterioração e fragilidade do concreto na região da junta. Foi possível também identificar uma descontinuidade do concreto, problema que foi ocasionado pela falta linearidade das fôrmas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 - Erro de Locação e ausência de impermeabilização nos laboratórios

Figura 3 - Juntas de Concretagem e deformidade do pilar

As figuras 4 e 5 indicam mais um problema de execução, o que gerou mais uma patologia denominada de “bicheiras”. As bicheiras consistem na exposição da armadura devido à perda de nata de concreto e segregação dos agregados graúdos, essa patologia está ligada a problemas de lançamento e adensamento do concreto. Outro aspecto importante a ser observado é a altura de lançamento do concreto, a concretagem de peças com altura superior a 2 metros deve ser realizada de forma cuidadosa, a fim de evitar a segregação dos agregados graúdos nas regiões inferiores da peça, o que origina bicheiras ou vazios. Falhas ocorridas durante o adensamento, como excesso ou deficiência de vibração, podem gerar problemas de exsudação, segregação ou bicheiras. Para correção dessa patologia a solução mais apropriada é a aplicação do graute, que é um tipo específico de concreto, indicado para preenchimento de espaços vazios dos blocos e canaletas, com o objetivo de solidarização da armadura e aumentar a capacidade portante.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 4 - “Bicheiras” e segregação no Pilar do Ginásio

Figura 5 - Bicheira e segregação da viga da biblioteca

Abaixo temos as figuras 6 e 7 que indicam uma das patologias que mais ocorrem nos elementos estruturais de concreto armado, essa patologia ocorre geralmente nas lajes e consiste na fissuração devido a retração plástica do concreto, causada pela cura inadequada. A atividade de cura se resume no cobrimento da peça concretada com água por um tempo mínimo, que será função da relação a/c e do tipo de cimento utilizado. As características superficiais são as mais afetadas por uma cura mal executada como a presença de fissuração, a permeabilidade e a carbonatação. As fissuras apesar de superficiais e aparentemente não causar nenhum problema para a vida útil da estrutura, acabam sendo uma porta de entrada para outras patologias, como infiltração, corrosão das armaduras e carbonatação por exemplo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

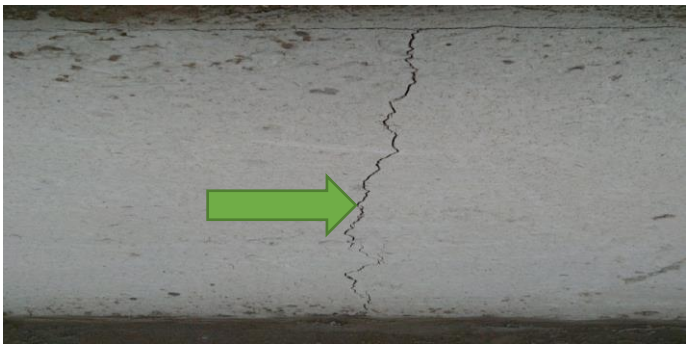


Figura 6 - Fissuras nos elementos estruturais

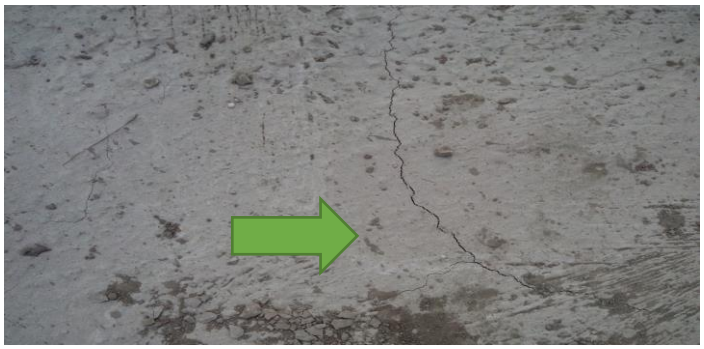


Figura 7 - Retração do Concreto da laje do refeitório

Na figura 8 podemos identificar a presença da patologia corrosão das armaduras proveniente da sua exposição ao ambiente externo agressivo pela falta de cobrimento suficiente. Esse problema foi ocasionado devido à falta de espaçadores que tem a função de garantir o cobrimento mínimo das armaduras. A solução para essa patologia também é a aplicação de graute nos locais afetados. Vale salientar que a presença de espaçadores nas armaduras é essencial para garantir uma maior durabilidade e vida útil da armadura pois garante a proteção necessário para o ambiente em que o elemento está exposto.

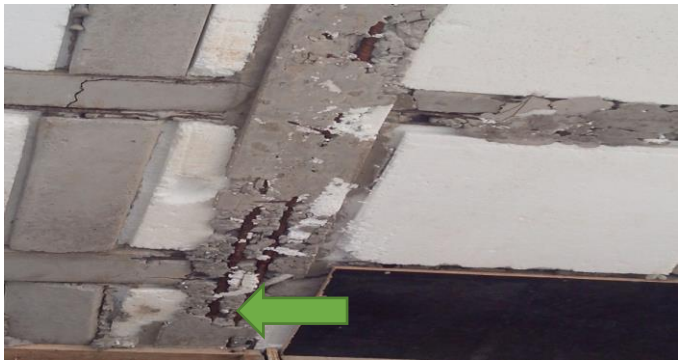


Figura 8 - Corrosão das armaduras de uma viga da escola

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2 Patologias identificadas na edificação “B”

A edificação “B” é referente a um reservatório de água localizado no município de Ipanguaçu – RN, a mesma possui a idade aproximadamente de 20 anos (segundo população local) e não atende mais a população com a distribuição de água há alguns anos.

A figura 9 é possível observar uma série de manifestações patológicas, onde destaca-se a presença de muitas manchas de corrosão, infiltração e eflorescência nas paredes do reservatório. Essas patologias foram causadas pelo ambiente agressivo, e pela falta de impermeabilização, o que permitiu a infiltração da água por todo reservatório, desencadeando uma série de problemas. A solução mais indicada para esse caso é um estudo aprofundado para identificar todas as causas desse conjunto de patologias, para ser feito posteriormente um reforço estrutural e impermeabilização, a solução adota pelas autoridades competentes nesse caso foi à interdição e desativação desse reservatório.

Na figura 10 indica o desplacamento do concreto dos pilares e das vigas do reservatório, o desplacamento é a perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção. Outra patologia identificada e apresentada pela figura 10 é a corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado, que é um processo de deterioração da fase metálica existente, que consequentemente provoca a perda de seção das barras de aço e concomitante a esta perda de seção formam-se produtos de corrosão de caráter expansivo, geralmente no entorno das armaduras, que vão se acumulando e gerando tensões internas não previstas em projeto as quais acabam fissurando o concreto e sequencialmente lascando-o e destacando-o, deixando, assim, a armadura totalmente exposta aos seus agentes agressores, o que acelera ainda mais o processo corrosivo.

Figura 9 - Manchas e Eflorescência

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 10 - Desplacamento do concreto e corrosão das armaduras

3.3 Patologias identificadas na edificação “C”

A edificação “C” refere-se a uma Unidade Escolar de Construção Infantil e está em construção desde 2010, sendo que não há previsão de entrega.

As patologias presentes são respectivamente: desplacamento do concreto da viga em balanço, manchas na laje e fissuras no pilar. Esse desplacamento é mostrado na figura 11, e consiste na desagregação ou perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção.

Figura 11 - Desplacamento do concreto de uma viga em balanço

As manchas da figura 12 são provenientes da infiltração da laje, devido à falta de impermeabilização, sendo a aplicação adequada de impermeabilizante solução para esse problema.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 12 - Manchas na laje

Na figura 13 observa-se a presença de fissuras superficiais em pilar, que possivelmente podem servir de porta de entrada para patologias mais graves.

Figura 13 - Fissuras no Pilar

3.4 Patologias identificadas na edificação “D"

O Centro de Referência e Assistência Social foi identificado como edificação “D” e se encontra em fase final de construção, porém já apresenta algumas patologias provenientes de vícios construtivos. A seguir temos indicadores de problemas patológicos.

As figuras 14 e 15 indica um problema de fissuras inclinadas oriundas nos vértices das esquadrias. Apesar de essas fissuras atingirem a alvenaria, a origem dessa patologia é a ausência dos elementos de vergas e contravergas que são posicionadas nas partes superior e inferior das esquadrias.

Na figura 16 há uma fissura vertical identificada no muro que delimita o terreno da edificação “D”, sua origem é devido à ausência do elemento estrutural pilar. Para evitar esse problema é necessário a aplicação e execução adequada dos elementos estruturais.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 14 - Fissuras inclinadas nos vértices superior da esquadria

Figura 15 - Fissuras inclinadas nos vértices inferiores da esquadria

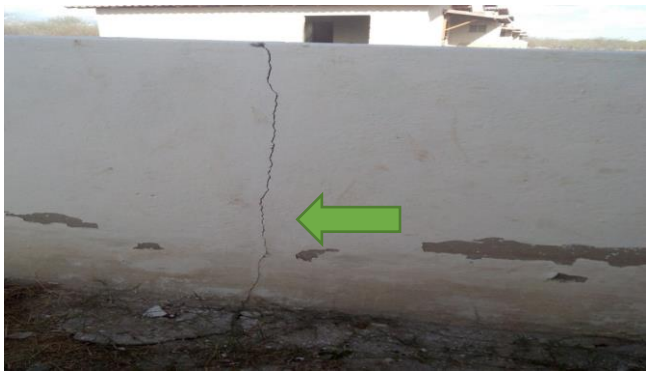


Figura 16 - Fissura vertical no muro que delimita o terreno

3.5 Patologias identificadas na edificação “E”

A edificação “E” faz referência a Unidade Base de Saúde, encontra-se na sua fase final construtiva e apresenta alguns problemas patológicos.

Na figura 17 observa-se a ocorrência de fissuras inclinadas no vértice superior da porta conforme indicado pela seta. Essas fissuras indicam a ausência de vergas que tem a função de absorver e distribuir as tensões oriundas da estrutura na alvenaria.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 17 - Fissuras inclinadas no vértice superior da porta

3.6 Patologias identificadas na edificação “F”

A edificação “F” é referente a um edifício residencial composto por um pavimento térreo e um pavimento tipo e encontra-se em fase de construção.

As figuras 18 e 19 são respectivamente referentes a segregação do concreto e a ausência de contraverga, no primeiro caso a armadura está exposta às intempéries o que poderá acarreta na corrosão dessa armadura, além de problemas de carbonatação. Na figura 20 observamos a ausência de contravergas o que no futuro ocasionara fissuras inclinadas nos vértices como observado nas edificações “D” e “E”.

Figura 18 - Segregação do Concreto

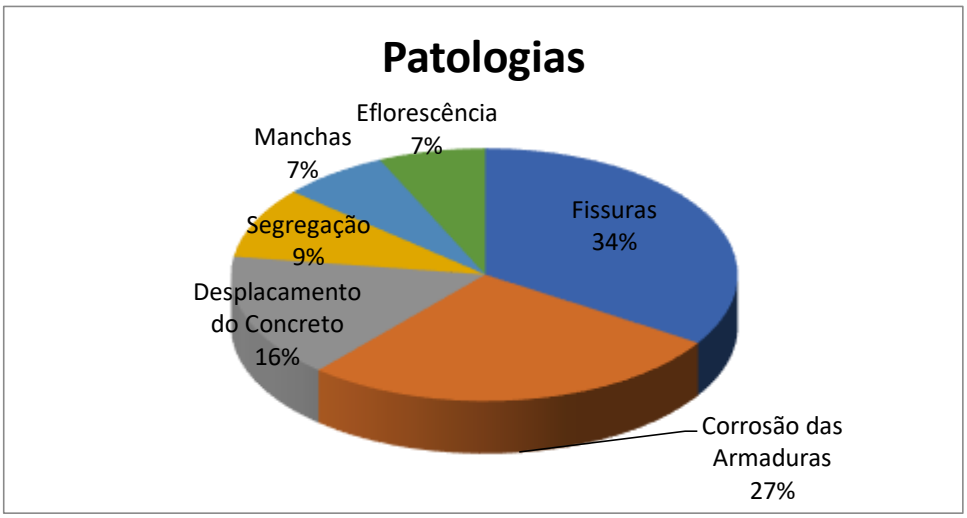
ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 19 - Ausência de contravergas

3.7 Análise dos resultados

Após a realização das vistorias e identificação das patologias que atingem as obras em estudos, foi elaborado o gráfico 1 que apresenta os percentuais representativos da presença de cada manifestação patológica, com o cálculo no final da porcentagem de incidência de cada manifestação em relação ao grupo amostral de seis edificações.

Gráfico 2: Incidência de cada tipo de patologia das estruturas de concreto



Observa-se a partir do gráfico que problemas com fissuras representam 34% dos casos em estudo. Para Souza e Ripper (1998), as fissuras podem ser consideradas como a manifestação patológica característica das estruturas de concreto, sendo mesmo o dano de ocorrência mais comum e aquele que, a par das deformações muito acentuadas, mais

ISBN: 978-85-65425-32-2

chama a atenção dos leigos, proprietários e usuários aí incluídos, para o fato de que algo de anormal está a acontecer.

Pela natureza das estruturas de armado, o aparecimento de fissuras é sinal de que foi excedida a resistência à tração do material e permite investigar, em função de sua tipologia, a origem dos problemas que afetam a estrutura. Por exemplo, nos pilares aparecem fissuras verticais ou ligeiramente inclinadas, se durante a execução ocorreu má colocação, insuficiência e deslocamento dos estribos. Estas fissuras são, neste caso, um sintoma bastante perigoso.

Em seguida com 27% das ocorrências surge a corrosão das armaduras que se pode definir como sendo um processo de deterioração da fase metálica existente, que consequentemente provoca a perda de seção das barras de aço e concomitante a esta perda de seção formam-se produtos de corrosão de caráter expansivo, geralmente no entorno das armaduras, que vão se acumulando e gerando tensões internas não previstas em projeto as quais acabam fissurando o concreto e sequencialmente lascando-o e destacando-o, deixando, assim, a armadura totalmente exposta aos seus agentes agressores, o que acelera ainda mais o processo corrosivo (CASCUDO, 2005).

O desplacamento do concreto (16% dos casos) do material é um fenômeno que frequentemente pode ser observado nas estruturas de concreto, causado pelos mais diversos fatores, ocorrendo, na maioria dos casos, em conjunto com a fissuração. Consiste na perda de massa de concreto devido a um ataque químico expansivo de produtos inerentes ao concreto e/ou devido à baixa resistência do mesmo, caracterizando-se por agregados soltos ou de fácil remoção.

Os ninhos de concretagem ou segregações (9% dos casos) no concreto têm como aspectos gerais: vazios na massa de concreto; agregados sem o envolvimento da argamassa e concreto sem homogeneidade dos componentes. Sendo as suas prováveis causas a baixa trabalhabilidade do concreto, a deficiência no transporte, lançamento e adensamento do concreto e a alta densidade de armaduras. Ou seja, é uma manifestação que está intimamente ligada à execução e supervisão inadequada da concretagem.

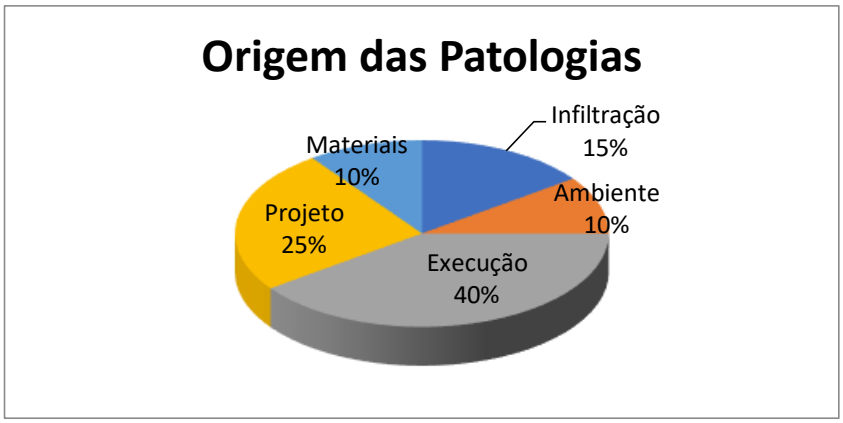
As manchas na superfície do concreto (7% dos casos) alteram a sua textura e uniformidade de coloração causando prejuízos estéticos e podendo dentar a instalação de problemas patológicos mais sérios (DNER, 1994). Os principais fatores que provocam as manchas superficiais são: deficiência dos dispositivos de drenagem, deficiência da vedação nas juntas e degradação química do concreto.

As eflorescências (7% dos casos) são manchas de coloração normalmente brancas que surgem frequentemente no concreto e ocorrem devido ao “acúmulo de solução saturada de hidróxido de cálcio na superfície do concreto” (HELENE, 1992), podendo ainda formar estalactites nas zonas de maior porosidade do concreto.

Após a identificação das patologias existente estudou-se as possíveis origem dessas patologias, o que gerou o gráfico 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Gráfico 3: Origem das patologias das estruturas de concreto



Com base no gráfico 2 observa-se que 40% das origens de patológicas possuem como causa a execução, sendo que parte das patologias se manifestem mesmo antes da obra ser concluída, isso pode ser associado a ausência de controle de qualidade dos responsáveis técnicos e da mão de obra de pouca ou baixa qualidade.

Em segundo lugar estão os erros de projeto com 25%, esses erros podem ser causados pelo detalhamento insuficiente, por falta de compatibilização entre projetos, ou pela ausência de elementos construtivos como o caso das vergas e contravergas, gerando fissuras inclinadas nos vértices das aberturas de paredes.

Posteriormente em seguida temos as infiltrações com 15%, essas são causadas por fatores externos, as intempéries, e a falta de impermeabilização de áreas molhadas.

As demais causas são o ambiente agressivo com 10% e os materiais com 10%.

4. Conclusões

Este trabalho apresenta resultados obtidos através de um levantamento das patologias em estruturas de concreto armado na região do Vale do Açu no Estado do Rio Grande do Norte.

Observa-se dos resultados apresentados que a manifestação patológica mais ocorrente foram as fissuras (34% dos casos). Essas também têm consequências graves na durabilidade das estruturas, pois são portas de entrada de água e agentes agressivos para o interior da massa de concreto, fazendo com que os fenômenos de degradação, como, por exemplo, a corrosão de armaduras aumente significativamente.

A corrosão de armaduras (27% dos casos) também foi a segunda manifestação patológica mais incidente. A origem desta está ligada principalmente a procedimentos inadequados estabelecidos tanto na etapa de projeto, como por meio da falta de especificação de um cobrimento adequado das armaduras e da dosagem do concreto deficiente, quanto na etapa de execução, por falta de cuidado durante a produção da estrutura de concreto.

Através das análises realizadas pode-se concluir que a maioria dos danos que ocorreram nas estruturas poderia ser reduzida caso houvesse um efetivo controle de qualidade e

ISBN: 978-85-65425-32-2

fiscalização durante o processo construtivo, aliado a um programa de manutenção preventiva das estruturas de concreto armado.

Assim, é necessário que projetistas e construtores tenham mais cuidados com as especificações de procedimentos, com a execução da estrutura, escolha de materiais, como também com sua utilização.

Para trabalhos posteriores sugere-se a inclusão de novos casos de degradação, ampliação da área de estudo, enriquecendo esta pesquisa com uma análise mais detalhada da influência dos fatores ambientais no fenômeno corrosivo no Estado do Rio Grande do Norte.

Referências Bibliográficas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

CASCUDO, O. Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura. In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005, V.1, Cap. 35.

CAVACO, Jonas Rodrigo Zimmermann. PATOLOGIAS NAS ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO. 2008. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2008.

DNER, Manual De Inspeção De Obras De Arte Especiais. Ministério dos Transportes- Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, DNER – Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 1994.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades.** 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 25 nov. 2015.

HELENE, P. (1992). Manual para reparo, reforço e proteção de estruturas de concreto. São Paulo. Editora PINI.

LAPA, J.S. Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto. Escola de Engenharia da UFMG. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

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

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTUDO DE CASO DE UM LEVANTAMENTO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM BELO HORIZONTE

Case Study Of An Survey Of Pathological Manifestations In A Residential Building In Belo Horizonte

Carlos A. C. D'ÁVILA[1], Cássio T. ALVARENGA[2], Filipe S. MAZZARO[3]

[1] Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, carlos.davila.pucminas@gmail.com

[2] Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, cassiotalvarenga@yahoo.com.br

[3] Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, filipemazzaro@hotmail.com

Resumo: A deterioração das estruturas de concreto é um tema amplamente discutido entre as comunidades técnica e científica, em contraponto ao grande avanço tecnológico relativo aos materiais de construção e técnicas construtivas ocorrido nas últimas décadas. Todavia, ainda se observa um número acentuado de edificações que apresentam diversos tipos de manifestações patológicas. Este trabalho tem como objetivo diagnosticar as patologias de uma edificação residencial. O edifício localiza-se ao lado de uma avenida de grande circulação na cidade de Belo Horizonte/MG – Brasil, sendo exposto a altas taxas de emissão de CO_2. A edificação foi entregue pela construtora no ano 1982 e se compõe de 5 pavimentos sendo um subsolo, a garagem no térreo e 3 pavimentos com 4 apartamentos cada um. Por meio de uma inspeção visual detalhada foram encontradas fissuras, desplacamentos do concreto, eflorescências, exposição e corrosão das armaduras em lajes, vigas e pilares. Foram realizados ensaios não destrutivos de esclerometria e profundidade de carbonatação a fim de avaliar o estado de deterioração da estrutura. Por meio dos ensaios foi possível verificar que a superfície do concreto, aparentemente lisa e compacta, esconde inúmeros poros e apresenta significativo estado de carbonatação na espessura do capeamento das armaduras. Conclui-se que as manifestações patológicas são importantes sinais de real degradação tanto do concreto quanto das armaduras despassivadas, e que se fazem necessárias intervenções na estrutura para manter sua confiabilidade e estabilidade, além de prolongar sua durabilidade.

Palavras-chave: estruturas de concreto; manifestações patológicas; ensaios não destrutivos; inspeção.

Abstract: The deterioration of concrete structures is a subject widely discussed in the technical and scientific communities, as opposed to the great technological advance related to the construction materials and construction techniques occurred in the last decades. However, there is still a marked number of buildings with different types of pathological

ISBN: 978-85-65425-32-2

manifestations. This report aims to diagnose the pathologies of a residential building. The building is located next to an avenue of great circulation in the city of Belo Horizonte / MG - Brazil, being exposed to high CO_2 emission rates. The building was finished by the builder in 1982 and consists of 5 floors with an underground floor, garage on the ground floor and 3 floors with 4 apartments each one. Through a detailed visual inspection were found cracks, concrete deployments, efflorescence, exposure and corrosion of the reinforcements in slabs, beams and pillars. Non-destructive tests of sclerometry and carbonation depth were performed to evaluate the deterioration state of the structure. Through the tests it was verified that the surface of the concrete, apparently smooth and compact, hides innumerable pores and presents a significant state of carbonation in the thickness of the concrete protective cap of the reinforcements. It is concluded that the pathological manifestations are important signs of real degradation both of the reinforcement of the carbonated concrete, and that interventions in the structure are necessary to maintain its reliability and stability, in addition to prolonging its durability.

Keywords: concrete structures; pathological manifestations; non destructive testing; inspection.

1. Introdução

Patologia é a ciência que estuda a origem, os sintomas e a natureza das doenças. O termo patologia é derivado das palavras gregas phatos (doença) e logos (ciência, estudo). No ramo da engenharia este termo é utilizado para estudar uma estrutura que apresenta qualquer indício de degradação e deterioração.

No que diz respeito à durabilidade do concreto, Flauzino (1988) discorre que o termo se refere à capacidade que um elemento tem de perpetuar suas propriedades químicas e físicas durante certo período. Já o Comitê 201 do ACI (2008) define durabilidade como a capacidade de resistir à ação das intempéries, ataques químicos, abrasão ou qualquer outro processo de deterioração. A ABNT NBR 15575 (2013) reafirma que a durabilidade está intimamente ligada ao período entre o início do uso e a vida útil (momento em que o desempenho deixa de atender aos requisitos estabelecidos ao usuário). A preocupação com a durabilidade das estruturas de concreto tornou-se ainda mais relevante a partir da extensa revisão de 2003 da ABNT NBR 6118 (2014), a qual estabeleceu os conceitos de durabilidade, como relação água/cimento máxima, cobrimento das armaduras e a classe do concreto em razão da agressividade do meio.

Segundo Parisi Jonov *et al*. (2013), as patologias originam-se de problemas recorrentes ligados à idade da construção, ao clima, aos materiais, às técnicas construtivas e ao controle de qualidade. Munarettom (2012) salienta que a maioria das manifestações patológicas se deve à presença de umidade, sendo fundamental o controle de água nas construções. Já Thomaz (2013) ressalta que as principais causas das patologias se dão por falhas de projeto, falhas de execução, qualidade dos materiais, imperícia, falta de manutenção e falsa economia na construção. Segundo Souza e Ripper (1998), as causas das deteriorações das estruturas de concreto podem ser classificadas como intrínsecas (inerentes à estrutura) e extrínseca (externas ao corpo estrutural). Os mesmos autores evidenciam que à exceção de acidentes ou catástrofes que solicitam a estrutura além do

ISBN: 978-85-65425-32-2

projetado, as manifestações patológicas geralmente são ocasionadas por falha humana em uma das quatro fases fundamentais da estrutura de concreto, que são: concepção e projeto, controle tecnológico dos materiais, execução da estrutura e a manutenção da mesma. Esta análise apresentada foi exemplificada pela Lei de evolução de custos de Sitter (1984).

De acordo com Medeiros *et al*. (2016), a evolução dos custos segue uma progressão geométrica de razão cinco, sendo as etapas construtivas e de uso de uma edificação divididas em quatro períodos correspondentes ao projeto, à execução, à manutenção preventiva efetuada antes dos cinco primeiros anos e à manutenção corretiva após o surgimento dos problemas. Esta evolução dos custos pode ser exemplificada através da Figura 1.

Figura 1 – Lei de evolução de custos

Fonte – Siiter, 1984.

A lei de evolução de custos pode ser mais bem compreendida através dos ítens apresentados a seguir.

1.1 Projeto

Nesta etapa qualquer medida adotada implica em um custo associado ao número 1 (um) do eixo custo relativo. De acordo com Gnniper (2007), na fase de projeto os vícios podem ocorrer por falhas de concepção sistêmica, erros de dimensionamento, ausência ou incorreções de especificações de materiais e de serviços, insuficiência ou inexistência de detalhes construtivos. Segundo Medeiros *et al*. (2016), as medidas que podem ser utilizadas ainda na fase de projeto são: aumentar o cobrimento da armadura, reduzir do fator água/cimento do concreto, adotar detalhes construtivos adequados e especificar materiais com características especiais.

1.2 Execução

No período da execução é incluída a obra recém-construída. De acordo com Medeiros *et al*. (2016), uma medida tomada nesta fase implica em um custo 5 (cinco) vezes superior ao custo que teria sido originado ainda fase de projeto para uma mesma durabilidade da estrutura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Silveira *et al*. (2002) ressalta que em diversas ocasiões os problemas nesta etapa são relacionados à qualidade de mão de obra, a falta de treinamento e a qualificação dos operários. Nesta etapa é necessário um controle de qualidade e dos processos construtivos para não haver problemas patológicos futuramente.

1.3 Manutenção preventiva

Durante a vida útil das edificações, é necessário realizar atividades preventivas de maneira a antecipar-se ao surgimento de defeitos, evitando assim a manutenção corretiva. De acordo com Heleno (2003), as operações isoladas de manutenção, como pinturas realizadas com frequência, impermeabilização de cobertura, reservatórios mal projetados, limpezas de fachadas sem beirais e sem proteções, necessárias a assegurar as boas condições da estrutura durante o período da sua vida útil, podem custar até 25 vezes mais que medidas corretas realizadas durante a fase de projeto estrutural ou arquitetônico. Por outro lado, estas operações podem ser cinco vezes mais econômicas que aguardar a estrutura apresentar problemas patológicos evidentes que requeiram uma manutenção corretiva.

1.4 Manutenção corretiva

Diagnóstico, reparo, reforço e proteção das estruturas que já perderam sua vida útil de projeto correspondem à chamada manutenção corretiva. Segundo Heleno (2003), esses tipos de atividades correspondem a um custo de 125 vezes superior ao custo das medidas que poderiam e deveriam ser tomadas na fase de projeto e que resultariam num mesmo nível de durabilidade que se estima na fase de execução da obra, após essa intervenção corretiva.

A durabilidade das estruturas de concreto requer assistência e esforços coordenados de pelo menos seis corresponsáveis, podendo ser citados o proprietário, o responsável pelo projeto arquitetônico, pelo projeto estrutural, pela tecnologia do concreto, pela construção e o usuário.

2. Diagnóstico de estruturas deterioradas

O diagnóstico de uma estrutura deteriorada consiste na identificação e compreensão não somente das formas de manifestação da patologia, mas principalmente dos processos de surgimento e dos agentes causadores da mesma. Além disso, é indispensável identificar a sua origem, ou seja, em

que etapa da vida útil da estrutura surgiram condições propícias para a sua deterioração. Somente dessa forma é possível propor uma solução definitiva para os casos patológicos. O diagnóstico de uma estrutura deteriorada consiste na identificação e compreensão não somente das formas de manifestação da patologia, mas principalmente dos processos de surgimento e dos agentes causadores da mesma. Além disso, é indispensável identificar a sua origem, ou seja, em que etapa da vida útil da estrutura surgiu condições propícias para

ISBN: 978-85-65425-32-2

a sua deterioração. Somente dessa forma é possível propor uma solução definitiva para os casos patológicos.

Nesse sentido, pode-se dizer que o diagnóstico de uma patologia inicia-se com a percepção dos seus "sintomas", ou seja, manifestações externas visíveis que, na maioria dos casos, são identificadas pelos usuários das estruturas, que deverão, então, solicitar apoio técnico para a avaliação da integridade, da funcionalidade e da segurança das mesmas, propondo intervenções adequadas caso necessárias.

Para essa avaliação técnica é necessário um primeiro contato com a anomalia, o que justifica a realização de uma vistoria no local. Segundo Lapa (2008), não é possível definir um procedimento padrão de vistoria, mas podem-se citar algumas atividades, como:

- Determinação da existência real de uma patologia através da observação dos seus sintomas;
- Avaliação da gravidade da deterioração da estrutura, tendo em vista à segurança dos usuários, propondo as medidas cabíveis à situação, como o escoramento das estruturas ou evacuamento da edificação em casos mais críticas;
- Definição da extensão e da sequência da vistoria;
- Levantamento e registro dos dados coletados através dos cinco sentidos, de forma cuidadosa e sistemática, através de descrições, croquis, fotos e filmes.

Além da vistoria técnica é importante coletar informações orais e formalizadas da estrutura, a fim de levantar dados que possam facilitar a compreensão do histórico evolutivo da patologia e da edificação em todas as suas fases como projeto, construção, utilização e manutenção. A esse processo dá-se o nome de anamnese.

O levantamento de informações orais consiste em "entrevistas" com os indivíduos ligados direta e indiretamente com a edificação, como projetistas, construtores, operários, usuários e vizinhos através de questionamentos direcionados e específicos ao caso. Já as informações formalizadas são fornecidas pelos documentos da edificação como projetos, memoriais de cálculo, cadernos de encargos, especificações de serviços e materiais, contratos de serviços, cronogramas, entre outros.

Além disso, em alguns casos é necessária a realização de exames físicos, químicos e biológicos para o diagnóstico correto da patologia, denominados exames complementares. Isso acontece quando não foi possível diagnosticar os problemas da estrutura somente com a vistoria e coleta de informações. Assim podem-se realizar exames em laboratórios ou *in loco*.

Os exames em laboratório, segundo Lapa (2008) têm como objetivo:

- Determinação das características mecânicas dos materiais, tais como: resistência à compressão; resistência à tração; módulo de elasticidade; aderência; resistência à abrasão e aos impactos;

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Determinação de propriedades físicas (inerentes ao material, ou seja, independentes da forma do mesmo), tais como: densidade; permeabilidade; porosidade; absorção d'água; coeficiente de dilatação térmica; condutibilidade térmica; condutibilidade elétrica;
- Reconstituição do traço do concreto;
- Verificação e quantificação da presença de elementos ou compostos químicos (p.ex. cloretos, sulfetos, sulfatos, óxidos de enxofre);
- Verificação da reatividade alcali-agregados;
- Verificar a presença de microorganismos vivos;
- Analisar o desempenho e comportamento estrutural da edificação ou de suas partes através de modelos;
- Analisar a micro- estrutura dos materiais.

Já os exames "*in loco*" subdividem-se em não destrutivos e destrutivos. Esse assunto será detalhado em itens seguintes do presente trabalho.

Vale ressaltar que a escolha do exame a ser realizado deve considerar critérios técnicos e econômicos. Como capacidade de resolução, limitações quanto à execução e resultados, margens de erro e custo de realização.

De posse dos resultados, cabe ao profissional patologista interpretá-los e compatibilizá-los com as informações coletadas anteriormente em vistorias e entrevistas, de modo que todos os dados fiquem interligados, gerando uma "linha do tempo" consistente para a patologia, desde a sua origem até sua evolução para o quadro atual. Dessa forma, é possível descartar algumas hipóteses e confirmar outras. Nesse ponto, vale ressaltar que todo o trabalho de diagnóstico de patologias há certo grau de incerteza, sendo apenas confirmado após "resposta satisfatória da estrutura ao tratamento prescrito" (LAPA, 2008). Pode-se dizer, então, que todo diagnóstico é provisório até que se comprove sua eficiência.

Determinado o diagnóstico, realiza-se o prognóstico, fase em que se define o objetivo da intervenção que deverá ser realizada na estrutura. Tal intervenção pode corrigir os danos através de reparos, devolver a estrutura o desempenho original através da sua recuperação ou realizar reforços, aumentando seu desempenho.

Essa intervenção deve considerar entre outros fatores, relação custo-benefício, disponibilidade de mão-de-obra e tecnologia, grau de incerteza do diagnóstico e principalmente segurança dos usuários.

3. Ensaios

A maneira mais tradicional e frequente de elaborar diagnósticos e inspecionar o desempenho das estruturas de concreto está relacionada com a extração de testemunhos *in loco* para realização dos ensaios de resistência à compressão. Porém, esse procedimento nem sempre é recomendado devido à geometria dos elementos estruturais,

ISBN: 978-85-65425-32-2

que em muitas situações não há a possibilidade de extrair testemunhos conforme as dimensões normatizadas para os ensaios, além dos danos e riscos que o seccionamento das estruturas pode gerar.

O desenvolvimento lento de técnicas não destrutivas para inspeção e avaliação das propriedades do concreto se deve ao fato desse material ser heterogêneo, causando interferências nas medidas realizadas, como atenuação, dispersão, difração e reflexão dos sinais (METHA e MONTEIRO, 2008). Sendo assim, a utilização dos ensaios não destrutivos é capaz de fornecer informações relevantes quanto à qualidade dos componentes, tal como a resistência mecânica do concreto, utilizando-se de métodos modernos de elevada qualidade e precisão, havendo a necessidade de treinamento dos realizadores dos ensaios e da calibração dos equipamentos.

3.1 Profundidade de Carbonatação

O ensaio de profundidade de carbonatação, de caráter destrutivo, é utilizado para aferir quanto o gás carbônico penetrou na estrutura de concreto através dos poros existentes e quanto tempo ele levará para atingir a armadura. O objetivo do ensaio é a identificação do intervalo do pH existente no concreto em função da condição identificada em relação ao pH obtido. Sendo assim, é possível identificar a condição de passividade ou não da armadura (LOYO et. al., 2016).

Durante a realização do ensaio é utilizado um aspersor com uma solução contendo um indicador de pH, a fenolftaleína, que reage com os álcalis da pasta de cimento. Aplica-se a solução numa porção do concreto que fique na superfície, realizando, realizando uma fratura recente e ortogonal à estrutura. Após alguns minutos, o indicador altera ou não a cor. Caso a estrutura permaneça incolor, constata-se a carbonatação e é possivel afirmar que o pH do concreto está abaixo de 8,0. Se nao estiver carbonatado, significa que o concreto está com pH acima de 8,0 e o mesmo garante proteção à armadura, com isso, a estrutura apresenta uma coloração violeta. A profundidade da carbonatação é medida com precisão em milímetros.

3.2 Esclerometria

O ensaio de esclerometria de reflexão, como método não destrutivo, é utilizado para medir a dureza superficial do concreto. É importante retirar toda e qualquer camada de revestimento sobre a estrutura como também a regularização de sua superfície, para que o equipamento tenha total contato com o concreto que será estudado. (NBR 7584:2012).

Este tipo de ensaio consiste na aplicação de impactos nas superfícies do concreto com o equipamento esclerômetro de reflexão e posteriormente realizar as medições das reflexões do peso impactante. Durante o ensaio são realizados no mínimo 9 pontos ou no máximo 16 pontos de estudo em uma área de 20x20cm a uma distância de 3cm entre os pontos. A partir dos índices de reflexão originados do impacto do esclerômetro é possível consultar uma curva empírica gerada pelo próprio aparelho, e assim, obtém-se a resistência à compressão, relacionada à dureza superficial do concreto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. Vistoria da edificação

4.1 Descrição da edificação

O edifício deste estudo está localizado na cidade de Belo Horizonte em um bairro predominantemente estudantil. O prédio foi entregue pela empresa construtora, que atualmente não se encontra no mercado, no ano de 1982. É constituído por três andares com quatro apartamentos residenciais por pavimento de uso residencial. A garagem encontra-se no nível da rua, sendo que abaixo do estacionamento encontra-se o subsolo, onde existem áreas individuais destinadas para depósito. As principais manifestações patológicas dos pilares, vigas e lajes concentram-se nas áreas do térreo e do subsolo. Houve a realização de vistoria em um dos apartamentos para averiguar possíveis problemas patológicos, porém não se observou nenhum impacto visível.

Segundo informações concedidas pela síndica, que é proprietária desde a entrega do empreendimento pela construtora, o edifício foi completamente reformado no início dos anos 90, porém, a última intervenção reparadora no prédio ocorreu devido aos problemas hidráulicos, em 2014.

Figura 2 – Vista externa da edificação

Fonte – Os autores, 2017.

4.2 Procedimentos

Inicialmente, foi realizada uma visita global em todos os pavimentos da edificação com o acompanhamento da síndica, a fim de conhecer a planta geral do prédio e identificar aqueles pavimentos com maior presença de patologias estruturais, além de levantar dados gerais da edificação, como data de construção e reformas, uso real das áreas, entre outros.

Em seguida, decidiu-se concentrar a inspeção nos pavimentos térreo e subsolo, nos quais a estrutura (aparente) apresentava patologias visivelmente mais expressivas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Como não foi obtido o projeto estrutural, foi realizado no local o cadastramento e um croqui (Figura 3) de localização dos elementos estruturais, facilitando, assim, as posteriores identificações necessárias ao trabalho de inspeção, diagnóstico e avaliação das patologias.

De posse do croqui com os elementos devidamente identificados, iniciou-se uma inspeção visual em cada um desses, fotografando as patologias estruturais julgadas como críticas pela equipe, a fim de identificar os problemas existentes e os ensaios necessários ao diagnóstico. Esse procedimento foi realizado nos pavimentos térreo e subsolo.

Por fim, por meio das informações e fotografias obtidas a equipe decidiu quais ensaios deveriam ser realizados e em quais elementos seriam necessários. Tal avaliação é apresentada nos itens seguintes.

4.3 Levantamento das manifestações patológicas

Numa das visitas feitas ao edifício foram verificadas patologias, tais como: fissuras, corrosão das armaduras, desagregação do concreto e eflorescência.

As fissuras são aberturas que afetam a superfície do elemento estrutural tornando-se um caminho rápido para a entrada de agentes agressivos à estrutura. As causas das fissuras, nas construções estruturadas em concreto, são várias e de diagnóstico complexo.

O termo fissura é utilizado para designar a ruptura ocorrida no concreto sob ações mecânicas ou físico-químicas (FIGUEIREDO, 1989). A fissuração pode ser considerada a patologia que mais ocorre, ou pelo menos a que chama mais atenção dos proprietários (SOUZA e RIPPER,1998).

O conceito de fissura pode conflitar com os conceitos de “trinca” e “rachadura”. As trincas se assemelham às fissuras no que diz respeito ao tratamento, diferenciando-se apenas na dimensão. Trincas possuem aberturas maiores que 0,5mm. As rachaduras têm características que diferenciam das demais, possuem aberturas acentuadas e profundas. A dimensão da patologia é superior a 1mm, sendo que em alguns casos podem abrir fendas de um lado ao outro da parede. A partir da espessura de 1,5mm, pode-se chamar de fenda.

A corrosão das armaduras nas estruturas de concreto armado é definida como sendo um processo de deterioração da fase metálica existente, que consequentemente provoca a perda de seção das barras de aço. Concomitante a esta perda de seção formam-se produtos de corrosão de caráter expansivo, geralmente no entorno das armaduras, que vão se acumulando e gerando tensões internas não previstas em projeto, as quais acabam fissurando o concreto e, sequencialmente, lascando-o e destacando-o, deixando, assim, a armadura totalmente exposta aos seus agentes agressivos, o que acelera ainda mais o processo corrosivo (CASCUDO,2005).

Já a eflorescência é a formação de depósitos salinos na superfície do concreto, resultante da água de infiltrações ou intempéries. Esses sais constituintes podem ser agressivos e causar desagregação profunda, além da modificação do aspecto visual na estrutura, pois há um contraste de cor entre os sais e o substrato sobre os quais se depositam.

ISBN: 978-85-65425-32-2

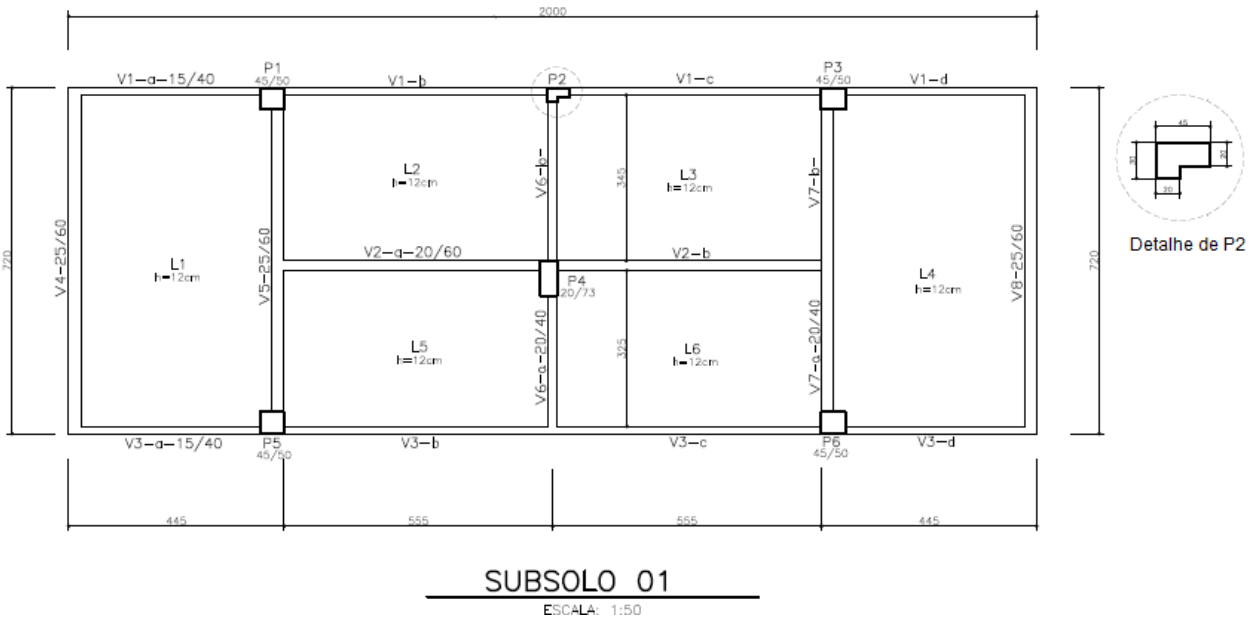


Figura 3 – Croqui do subsolo do edifício

Fonte – Os autores, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

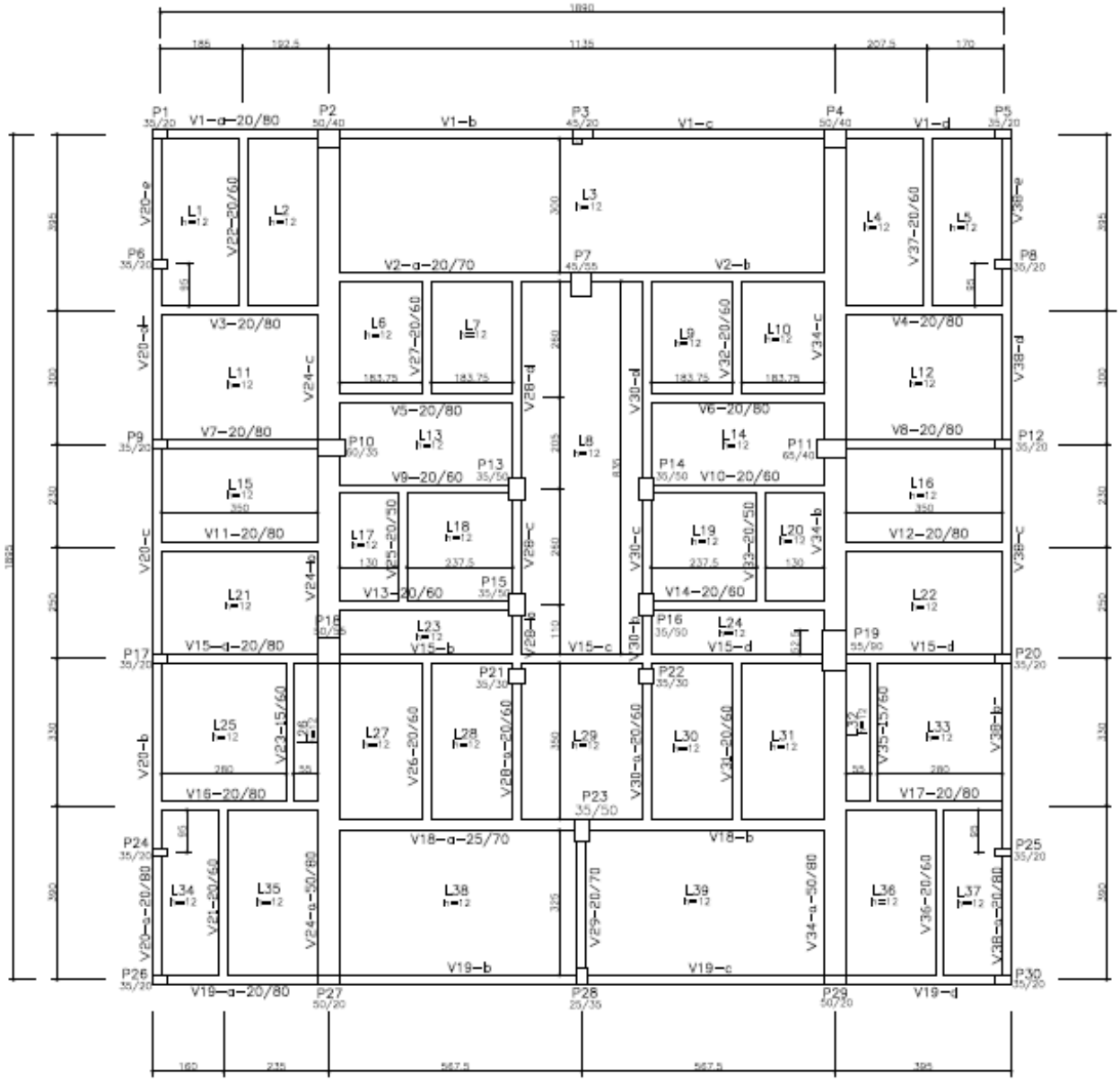


Figura 4 – Croqui do pavimento térreo do edifício

Fonte – Os autores, 2017.

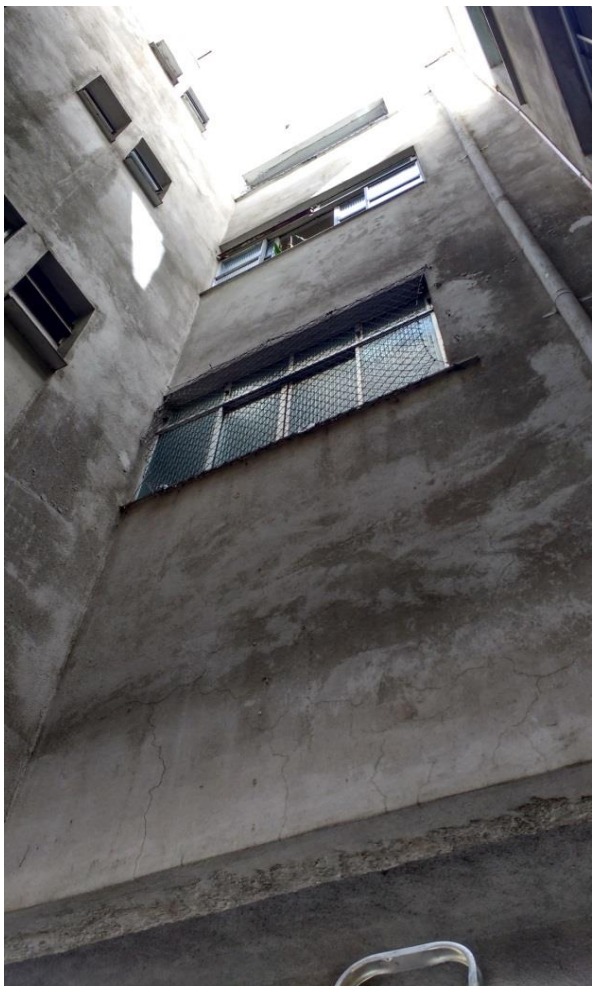
ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Armaduras expostas em laje no subsolo

Fonte – Os autores, 2017.

Figura 6 – Fissuras em viga no pavimento térreo

Fonte – Os autores, 2017.



ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 7 – Armadura exposta e corroída em um pilar no nível da garagem.

Fonte – Os autores, 2017.

Figura 8 – Manifestação de eflorescência na fachada interna da edificação.

Fonte – Os autores, 2017.

Figura 9 – Recalque observado em laje do pavimento térreo

Fonte – Os autores, 2017.

Figura 10 – Medição de trinca em viga do pavimento térreo

Fonte – Os autores, 2017.

5. Realização dos Ensaios e Análises dos Resultados

Além das análises dos dados de projeto e da inspeção visual, são necessários ensaios e análises complementares dos materiais e da própria estrutura, para a determinação da causa da degradação, quantificação dos danos e complementação das informações obtidas anteriormente. Diante deste objetivo e no intuito de avaliar a ação dos agentes agressivos na estrutura de concreto aparente, foram realizados os ensaios de profundidade de carbonatação e esclerometria nas estruturas com aspectos visuais mais críticos. Foram ensaiados no subsolo do edifício três pilares (P1, P2 e P4), três vigas (V2-a, V6-b e V7-b) e três lajes (L2, L5 e L6), conforme apresentado na Figura 11.

ISBN: 978-85-65425-32-2

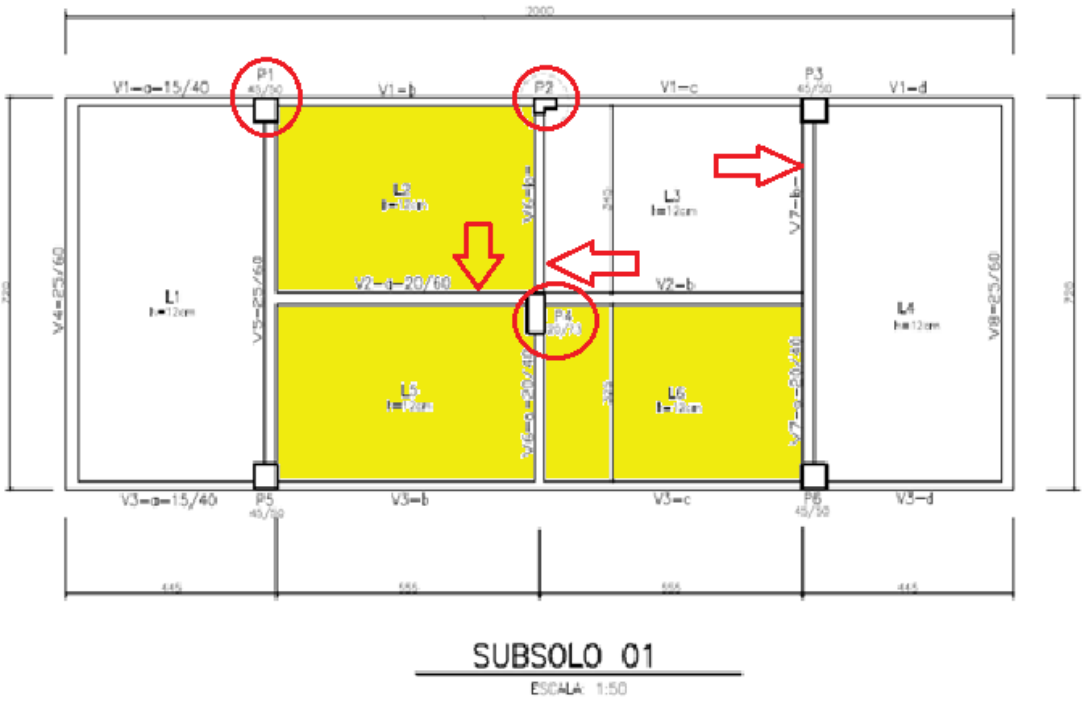


Figura 11 – Elementos da estrutura do subsolo ensaiados. **Fonte** – Os autores, 2017.

5.1 Ensaio de Profundidade de Carbonatação

Geralmente esse ensaio é realizado a partir da extração de testemunhos do concreto e logo em seguida é aplicada a fenolftaleína que indicará a profundidade carbonatada. Porém, outra maneira de se coletar material para análise, é a obtenção do pó oriundo de furos consecutivos realizados em profundidades crescentes da estrutura. Para tanto, em cada estrutura efetuaram-se 6 furos com furadeira, sendo que cada furo possui 5 milímetros de profundidade, ou seja, a profundidade total para análise é de 3 centímetros. Em cada furo foi armazenado o pó da amostra nos saquinhos plásticos devidamente identificados.

Foram realizados 24 furos nos três pilares, sendo que nos pilares P1 e P4 foram retiradas 6 amostras em cada pilar, já no pilar P2 foram realizados 12 furos. Nas três vigas e nas três lajes foram realizados 6 furos em cada estrutura, totalizando 36 amostras. Na Figura 12, estão representados os procedimentos de extrações das amostras em dois pontos do pilar P2, através do auxílio de uma régua para medir a profundidade dos furos e da utilização dos saquinhos devidamente identificados para coleta do concreto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 12 – Ensaio de profundidade de carbonatação no Pilar P2, (a) primeiro e (b) segundo furo.

Fonte – Os autores, 2017.

Após a extração e identificação das amostras, os saquinhos plásticos foram levados para o laboratório de Química da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Em seguida, cada amostra foi colocada em recipientes de vidro e com o auxílio de um borrifador com fenolftaleína foi possível identificar a profundidade de carbonatação de cada peça da estrutura, sendo que, as amostras que se tornaram rosadas não sofreram o processo de carbonatação. A Figura 13 ilustra amostras do material da laje L5, coletado a cada 5 (cinco) mm, já borrifado com fenolftaleína, indicando que a peça de concreto está carbonatada até a profundidade de 2,5 (dois e meio) cm.

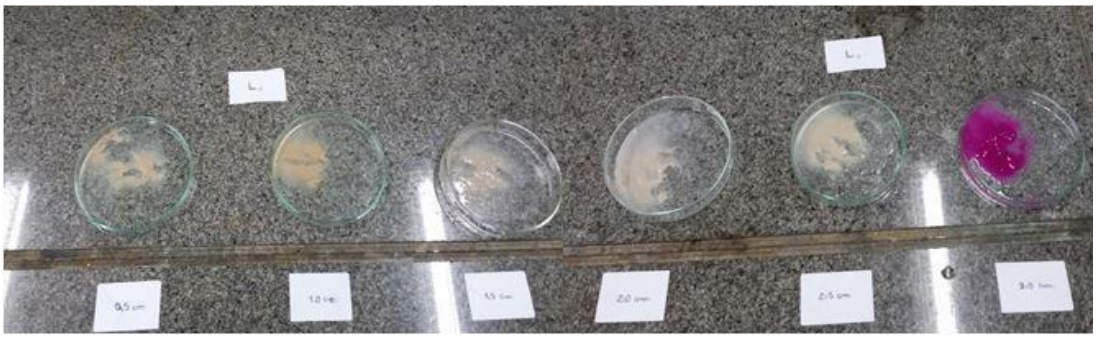


Figura 13 – Ensaio de profundidade de carbonatação para a laje L5

Fonte – Os autores, 2017.

A partir da Tabela 1 é possível identificar a profundidade de carbonatação de cada estrutura analisada.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 1 – Resultados do ensaio de profundidade de carbonatação

PEÇAS DA ESTRUTURA	PROFUNDIDADE DOS FUROS					
	0,5 cm	1,0 cm	1,5 cm	2,0 cm	2,5 cm	3,0 cm
PILAR P1						
PILAR P2a						
PILAR P2b						
PILAR P4						
VIGA V2						
VIGA V6						
VIGA V7						
LAJE L2						
LAJE L5						
LAJE L6						

LEGENDA:
VIOLETA
SUTILMENTE ROSADA
INCOLOR

Fonte – Os autores, 2017.

Das amostras ensaiadas verifica-se que todas apresentam profundidade de carbonatação de pelo menos 1 cm. Há uma divergência entre as duas amostras dos furos distintos do Pilar P2, o que provavelmente é justificável pela forma como as amostras foram coletadas pela furadeira, havendo quantidade de pó de concreto das profundidades mais externas suficientes para indicar que na profundidade referente à 3 cm, a estrutura encontra-se carbonatada. Porém, o esperado seria que para essa profundidade a amostra se apresentasse sutilmente rosa, assim como nas profundidades antecedentes entre 1,5 a 2,5 cm. Outra hipótese plausível consiste em não terem ocorridas reações químicas de forma adequada entre a fenolftaleína e o pó de concreto, o que impediu de indicar visualmente o pH do material.

As amostras de P1, P2a, P4, V7 e L2 apresentaram-se uma coloração sutilmente rosa, tal fato devido à falta da homogenização adequada entre o concreto e a fenolftaleína, percebendo-se o caráter básico do material. Por fim, atenta-se que dos dez pontos de coleta do concreto dos pilares, das vigas e das lajes do subsolo, 30% encontra-se com no mínimo

ISBN: 978-85-65425-32-2

3,0 cm de carbonatação, o que pode ocasionar a falta de resistência do concreto e das armações das estruturas.

5.2 Ensaio de Esclerometria

Para realização do ensaio de Esclerometria, foi utilizada a norma técnica NBR 7584:2012, com o objetivo de obter a dureza superficial do concreto, de modo a fornecer elementos para a avaliação da qualidade do concreto endurecido.
Antes da realização do ensaio, o Esclerômetro Silver Schimidt – PROCEQ foi aferido realizando-se 10 impactos sobre uma bigorna especial de aço contendo uma guia de aço e colocada sobre a base rígida e nivelada.
As áreas ensaiadas foram polidas em suas superfícies com disco de vídea com lixada com carborundum em movimentos circulares para o devido nivelamento. Em seguida, os locais foram limpos com pano seco e pincel. Sendo assim, foram desenhados com giz de cera de forma simétrica os quadrados, nos quais os centros de dois pontos de impacto distaram no mínimo 3 centímetros, conforme Figura 14. Foram executados 16 impactos, não sendo permitido um impacto sobre um ponto já ensaiado. Após cada impacto, realizou-se a leitura do índice esclerométrico travando o botão de pressão no corpo do equipamento e os valores foram anotados. A Figura 15 ilustra o ensaio de esclerometria realizado em um pilar.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 14 – Preparação da malha para o ensaio de esclerometria.

Fonte – Os autores, 2017.

Figura 15 – Execução do ensaio de esclerometria.

Fonte – Os autores, 2017.

Posteriormente, os Índices Esclerométricos das estruturas analisadas foram transferidos a uma planilha eletrônica. A Tabela 2 apresenta os valores obtidos neste ensaio, sendo que as células coloridas apresentaram Índice Esclerométrico superior ou inferior a 10% da média obtida nos 16 impactos em cada malha. Foram, portanto, descartados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 2 – Valores dos índices esclerométricos obtidos nos ensaios

Pilar P1 - Ponto A

62,0	57,0	61,0	63,5
56,0	64,5	62,0	53,0
58,0	60,5	58,0	61,0
62,0	51,5	55,0	55,5

Pilar P1 - Ponto B

75,5	64,0	57,5	64,5
69,5	63,0	57,5	67,0
65,5	59,0	59,5	63,5
62,5	67,5	60,5	65,0

Pilar P2

66,5	67,0	73,5	79,0
62,5	61,0	64,5	57,5
73,5	62,5	66,0	66,5
59,5	74,0	77,5	61,5

Pilar P6

57,5	50,5	60,5	60,0
58,0	67,0	61,5	64,0
53,5	57,0	54,5	62,5
70,0	70,5	56,0	72,0

Laje L2

63,5	66,5	54,5	64,5
59	67	66	56
64,5	73	60	58
64,5	67	63,5	66,5

Laje L5

59,0	73,0	69,0	62,0
62,5	71,0	63,0	59,5
59,5	62,0	61,0	65,0
64,5	74,0	64,5	67,0

Laje L6

70,5	66,5	65,5	62,5
62,5	64,0	74,0	60,5
67,5	60,5	62,5	68,0
71,5	70,0	65,0	64,5

Viga V2-a

55,5	71,5	58,0	71,5
70,5	56,5	60,0	72,5
55,5	65,0	64,5	54,5
57,0	57,5	69,5	69,5

Viga V6-a

60,0	60,0	59,0	65,0
54,5	65,5	52,0	55,0
58,5	58,0	54,0	48,5
47,5	50,5	66,0	47,5

Viga V7-a

55,5	61,5	60,5	61,0
53,5	49,0	57,5	65,0
64,5	59,5	60,0	63,0
62,5	59,0	55,0	54,5

Fonte – Os autores, 2017.

Em seguida, foi calculada uma nova média com os valores que não divergiram em 10% acima ou abaixo da média calculada anteriormente. De posse dos índices médios corrigidos, multiplicou-se pelo fator **K**, e assim, foi obtido o Índice Esclerométrico Efetivo, o qual foi convertido através da curva de correspondência fornecida pelo fabricante do

ISBN: 978-85-65425-32-2

esclerômetro em resistência à compressão do concreto. A Tabela 3 aponta os resultados da média dos índices esclerométricos corrigidos e a resistência média correspondente.

Tabela 3 – Resultados obtidos no ensaio de esclerometria

PEÇAS DA ESTRUTURA	MÉDIA DOS ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS CORRIGIDOS	RESISTÊNCIA MÉDIA (MPa)
P1 PONTO A	62,1	22,2
P1 PONTO B	63,1	22,5
P2	65,9	23,5
P6	60,4	21,6
L2	63,9	22,8
L5	63,5	22,7
L6	65,4	23,4
V2-a	60,3	21,5
V6-a	56,8	20,3
V7-a	59,1	21,1

Fonte – Os autores, 2017.

A NBR 7584:2012 estabelece os parâmetros para análise da superfície do concreto, conforme o Quadro 1. A média dos índices corrigidos é 62,1, o que caracteriza uma boa superfície do concreto analisado.

Quadro 1 – Resultados obtidos no ensaio de esclerometria

Média (IE)	Qualidade da superfície do concreto
IE > 40	Boa, superfície dura
30 < IE < 40	Satisfatória
20 < IE < 30	Ruim
IE < 20	Fissuras / concreto solto junto à superfície

Fonte – NBR 7584, 2012.

Segundo Martins et. al. (2014), a influência da carbonatação no concreto faz com que haja um aumento da resistência superficial do concreto, enquanto sua resistência à compressão

ISBN: 978-85-65425-32-2

não é influenciada. Portanto, mesmo que o ensaio de esclerometria define que o concreto está com boa qualidade em sua superfície, há necessidade de outros ensaios que avaliem a resistência no interior do concreto, pois apenas a análise em sua superfície não garante resultados precisos.

Estimando-se que o projeto estrutural tivesse fck = 20,0 MPa, ou fck = 200 kgf/cm² o que à época (década dos anos 80) era comum e corriqueiro, e diante do valor médio obtido para as dez amostragens, ou seja, um fck = 22,2 MPa, pode-se deduzir que a resistência característica do concreto está adequada à sua idade atual, considerada ainda a influência da carbonatação.

Outro fato relevante constatado durante a execução dos ensaios, especialmente na preparação das superfícies das peças para a esclerometria, foi que o estado superficial natural do concreto das peças é aparentemente liso e com baixa porosidade. No entanto, após o lixamento das peças observa-se com muita evidência, o aparecimento de inúmeras bolhas logo abaixo da superfície, de aproximadamente 1,0 (um) milímetro de profundidade (Figuras 16 e 17), com a grande dispersão dos resultados esclerométricos, e corroborando a hipótese de baixa resistência à carbonatação.

Figura 16 – Superfície da peça antes da preparação para esclerometria.

Fonte – Os autores, 2017.

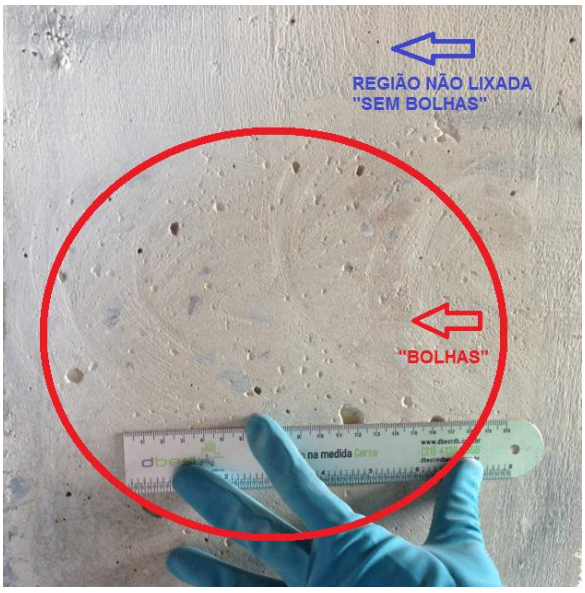


Figura 17 – Superfície da peça após o lixamento para esclerometria.

Fonte – Os autores, 2017.

6. Conclusões

Através das verificações efetuadas durante as atividades de inspeção do edifício residencial, conclui-se que os objetivos do estudo foram alcançados. A partir das análises técnicas e visuais, dos relatórios fotográficos e dos ensaios realizados em campo e no laboratório, constatou-se que a estrutura, apesar das patologias, não apresenta risco de

ISBN: 978-85-65425-32-2

colapso iminente. Entretanto, com a realização dos ensaios de esclerometria e de profundidade de carbonatação, os resultados confirmaram as constatações obtidas durante a visita de inspeção, ou seja, as manifestações patológicas observadas tendem a se agravar com o tempo, comprometendo a durabilidade e posteriormente a estabilidade da estrutura, aumentando o risco de ruptura de alguns elementos.

Após todas as análises e diagnósticos, recomenda-se que sejam executados serviços de manutenção corretiva imediatamente, com o intuito de recuperar a confiabilidade e o desempenho estrutural de todos os elementos deteriorados. Estas recomendações devem ser contempladas num projeto específico, a ser elaborado por especialistas.

De toda forma, torna-se imprescindível recorrer também a ensaios complementares, inclusive semi destrutivos, tais como a retirada de corpos de prova para avaliar o estado do concreto e das armaduras em outras peças da estrutura.

Por fim, conclui-se também sobre a urgente e inadiável necessidade de elevar a qualidade da construção civil, assim como as outras áreas e aspectos práticos da Engenharia Civil, a fim de que as estruturas de concreto armado, por exemplo, alcancem um nível adequado de desempenho, com ausência de manifestações patológicas. Depende-se que todos os setores da construção civil estejam envolvidos, com foco no rigoroso cumprimento das normas, na capacitação contínua da mão de obra de execução, no aperfeiçoamento dos projetos, no controle dos materiais utilizados, na avaliação mais precisa do solo e na influência do meio ambiente, na busca permanente da harmonia para garantir a excelência construtiva, a durabilidade e a confiabilidade.

Agradecimentos

Ao professor Dr. José Luiz Rangel Paes da UFV, pela sugestão e identificação do edifício para esta pesquisa científica, pelo estímulo e confiança depositada na equipe. À síndica do edifício, Sra. Evane Brandão, que propiciou condições adequadas de trabalho e apoiou pessoalmente nossa equipe em todas as etapas, além dos demais moradores do edfício, que suportaram sem reclamações os transtornos causados, tendo nos recebido de forma muito amigável e por permitirem o presente estudo. Aos técnicos e professores dos laboratórios de materiais de construção civil e de química da PUCMinas por facilitarem acesso aos equipamentos, por nos treinarem e instruírem para a realização dos ensaios. Por fim, pelo auxílio incansável, pela dedicação minuciosa, pelo apoio imprescindível e efetivo na execução das tarefas, agradecemos às colegas Bárbara Magalhães e Lilian Lima, presentes e partícipes em todas as etapas deste trabalho.

Referências Bibliográficas

American Concrete Institute. ACI 201.2R-2008 – Guide for Durable Concrete. Michigan.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, Brasil.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 7584: Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR15575-1:2013 - Edificações habitacionais - Desempenho parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, Brasil.

CASCUDO, O. Inspeção e Diagnóstico de Estruturas de Concreto com Problemas de Corrosão da Armadura. In.: Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. Editor: Geraldo Cechella Isaia. São Paulo: IBRACON, 2005.

FLAUZINO, W.D. Durabilidade de materiais e componentes das edificações: tecnologia de edificações. São Paulo: PINI, 1988. p.79-84.

FIGUEIREDO, E. P. Mecanismo de Transporte de Fluidos no Concreto. In: ISAIA, G. C. Concreto, Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON, 2005.

GNIPPER, S. F.; Mikaldo JR. J. Patologias frequentes em sistemas prediais hidráulico-sanitários e de gás combustível decorrentes de falhas no processo de produção do projeto. Curitiba, 2007. Disponível em: <www.cesec.ufpr.br/workshop2007/Artigo-29.pdf>. Acesso em: 08/abr/2017.

HELENE, P. A nova NB 1 / 2003 (NBR 6118) e a vida útil das estruturas de concreto. São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.phd.eng.br/wpcontent/uploads/2014/06/185.pdf> .Acesso em: 17 abr. 2017.

LAPA, J.S. Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto. Defesa - Especialização em Engenharia Civil, dissertação. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG. 2008. 58p.

MARTINS, R. O. G, *et al*. Análise do comportamento da resistência à compressão do concreto carbonatado. In: Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais - CBECIMAT, 21, 2014, Cuiabá. Viçosa: UFV. P. 7.

MEDEIROS, A., Medeiros, R., Kudlanvec Jr, V.L., Bonadeu, J.R., Souza, D.J. Análise das manifestações patológicas em uma edificação comercial inacabada de 23 anos na cidade de Curitiba: estudo de caso. In XII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas. Porto, Portugal, 2016.

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

ISBN: 978-85-65425-32-2

M. M. LOYO; R. A. BERENGUER; E. C. NASCIMENTO; P. F. S. CHAVES; F. L. CARNEIRO; E. C. B. MONTEIRO. Levantamento das Manifestações Patológicas em Edificação Residencial a 100 m do Mar - Estudo de Caso. In: 2º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções (CBPAT - 2016), 2016, Belém - PA. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Patologia das Construções (CBPAT - 2016). São Leopoldo - RS: Casa Leiria, 2016. v. 2. p. 1481-1492.

MUNARETTON, L. W. (2012). Patologias ocasionadas por água e umidade: estudo de caso por meio de entrevista aos moradores do Residencial Mato Grosso. 2012.121 p. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade do Estado de Mato Grosso, Sinop.

PARISI JONOV, C. M.; Nascimento, N. O.; Paulo e Silva, A. (2013). Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. Ambiente construído, Porto Alegre.

SILVEIRA, D. R. D.; Azevedo, E. S.; Souza, D. M. O.; Gouvinhas, R. P. Qualidade na construção civil: Um estudo de caso em uma empresa da construção civil do Rio Grande do Norte. Natal, 2002. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2002_TR21_0969.pdf>. Acesso em: 13/abr/2015.

Sitter, W.R. (1984). Costs for service life optimization. The “Law of fives”. CEB-RILEM, Durability of concrete structures. Proceedings of the International Workshop, 18-20. Copenhagen.

Souza, V.C., Ripper, T. (1998). Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. PINI, São Paulo.

THOMAZ, E. (2013). Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. 2ª ed. São Paulo: PINI.

PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES DA REDE PÚBLICA ESTADUAL DO CEARÁ

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

Main Pathological Manifestations In School Edifications Of The State Public Of Ceará

Maria Fabíola de Carvalho RAFAEL[1], Alexandre Araujo BERTINI[2]

[1] Engenheira Civil, Mestranda, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, mfabiolacr@gmail.com 1

[2] Engenheiro Civil, D. Sc., Professor Adjunto I, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, bertini@ufc.br 2

Resumo: Este trabalho busca realizar o levantamento das principais manifestações patológicas nas edificações públicas das escolas estaduais da SEFOR 01 por meio da vistoria técnica, uma ferramenta eficaz da Engenharia Diagnóstica. As visitas foram realizadas em 51 unidades escolares, onde foram agrupadas as manifestações patológicas com base na metodologia quanto ao critério de estabilidade das estruturas e quanto ao grau de criticidade. Assim, foram constatadas suas condições físicas, possibilitando o planejamento de ações de forma corretiva e preventiva de acordo com o risco à integridade física dos usuários, do sistema e/ou segurança do edifício. No estudo, identificou-se que as principais manifestações patológicas estão relacionadas a problemas estruturais, coberta e estruturas metálicas de sustentação das quadras. A análise permitiu que as intervenções fossem realizadas de forma a garantir o desempenho e funcionalidade das edificações, por meio da identificação das manifestações patológicas, tornando viáveis ações proativas, evitando o agravamento dos problemas e o colapso da estrutura, além de direcionar o recurso público de forma eficiente e eficaz.

Palavras-chave: Vistoria técnica. Manifestações patológicas. Escolas públicas.

Abstract: The purpose of this paper is to enlist the most relevant pathological manifestations in the public buildings of the state schools from SEFOR 01, by means of a technical inspection, an efficient method of the Diagnostic Engineering. The inspections were performed in 51 schools, pathological manifestations were grouped based on the methodology regarding structural stability criteria and a criticality level. Furthermore, physical conditions were identified, letting it possible to establish an action plan in a corrective and preventive way, prioritizing the integrity of the users, of the system and/or the safety of the building. In the study, it was identified that the main pathological manifestations are related to structural problems, covered and metallic support structures of the blocks. The analysis allowed the interventions to be carried out in a way that guarantee the performance and functionality of the buildings, by identification of pathological manifestations, thus enabling proactive actions to be taken, avoiding the problem to escalate and the collapse of the structure, apart from establishing directives for a more effective public resource allocation

Keywords: Technical inspection. Pathological manifestations. Public schools.

1. Introdução

ISBN: 978-85-65425-32-2

As origens das manifestações patológicas podem surgir desde a fase do planejamento até o uso da edificação. Segundo Helene (1992), a origem envolve cinco fases do processo construtivo: planejamento, projeto, execução da obra, proveniente de defeitos no emprego dos materiais e uso da edificação.

As manifestações patológicas, conforme Souza e Ripper (2010),podem surgir por origem da utilização errônea ou uma falta de manutenção adequada da edificação. Uma manutenção inadequada ou a ausência total da mesma gera sérios problemas e, em alguns casos, não atendendo os critérios de desempenho, podendo levar ao colapso da estrutura.

A NBR 5674 (2012) define desempenho como a “capacidade de atendimento das necessidades dos usuários da edificação”. Este conceito pode ser associado ao comportamento em serviço de cada material, componente, elemento, subsistema da edificação, ao longo da vida útil, onde este resultará na projeção definida nas etapas do projeto, execução e manutenção.

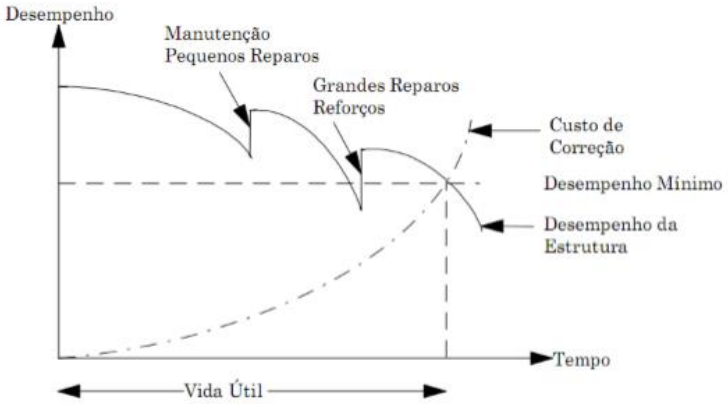


Figura 1 – Fases do desempenho de uma estrutura durante sua vida útil
(Fonte: ANDRADE, 1997)

A vida útil das estruturas pode ser prolongada por ações de manutenção no tempo adequado e executadas de forma específica para cada manifestação patológica. A edificação deverá por meio destas intervenções de forma corretiva e/ou preventiva manter a segurança, funcionalidade e a aparência aceitável durante um período de tempo. As ações quando ocorrem no tempo aceitável com base nas prescrições técnicas, eliminam custos imprevistospara manutenção e reparo. Assim, a estrutura conservará as características mínimas de funcionalidade, resistência e outros aspectos iniciais a qual foi projetada, sendo este intervalo de tempo caracterizado por vida útil da edificação, conforme mostra a figura 1 (ANDRADE, 1997).

Com base na NBR 15575 (2013), a durabilidade está relacionada a capacidade da estrutura de manter as características funcionais e estruturais originais ao longo de sua vida útil. As intervenções quando são realizadas preventivamente por meio de planejamento, além de proporcionar um desempenho satisfatório em toda a vida útil, garantem a durabilidade e

ISBN: 978-85-65425-32-2

economia da edificação. Assim, os custos das intervenções para garantir a durabilidade da edificação são variáveis, pois depende da etapa em que ocorre os reparos.

A Lei da Evolução dos Custos formulada por Sitter (1983), também conhecida como regra de Sitter, os custos de intervenção crescem em função do tempo por progressão geométrica de razão de cinco, onde diverge entre a fase de projeto, execução, se a manutenção é corretiva ou preventiva.

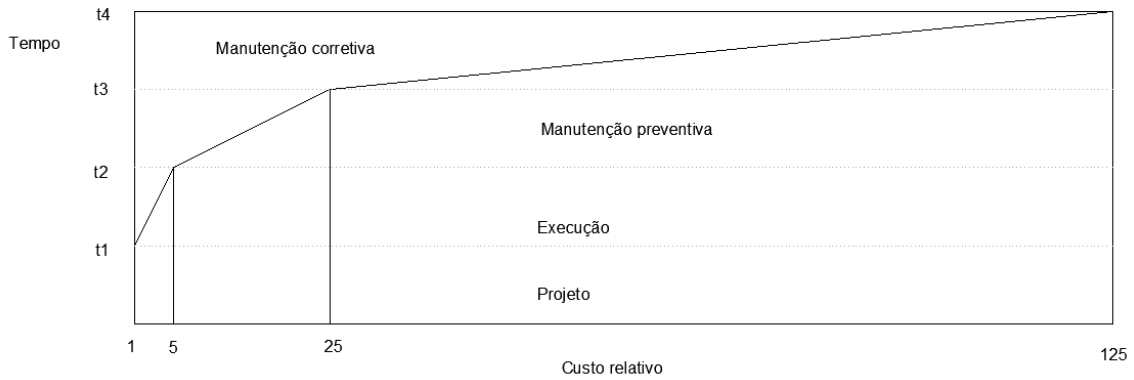


Figura 2 – Evolução dos Custos para reparos em edificações em função do tempo

(Fonte: Sitter, 1983 adaptado por autora)

Assim, voltando à análise para as edificações escolares, fez-se necessário conhecer as principais manifestações patológicas nas escolas da rede pública do estado do Ceará para se determinar as ações proativas que possibilitem os diagnósticos, prognósticos e prescrições por meio de intervenções de reformas nos equipamentos escolares.

Sabe-se que com o uso, atuam nas edificações as manifestações patológicas devido ao envelhecimento natural e/ou a ausência de intervenções preventivas ou corretivas. Assim, para garantir a eficácia e eficiência dos recursos públicos, fez-se necessário a identificação das principais manifestações patológicas para que de forma criteriosa seja elaborado um planejamento para as intervenções nas edificações. Adotando-se procedimentos corretivos para reabilitação e corretivos.

2. Metodologia

O presente trabalho foi realizado com base no levantamento das principais manifestações patológicas existentes nas edificações da rede pública do Estado do Ceará, com estudo nos equipamentos escolares da Superintendência Regional de Fortaleza (SEFOR 01), onde compreendem as Regionais 1 e 3 de Fortaleza, tendo abrangência nos bairros apresentados nas figuras 3 e 4 mostradas a seguir.

ISBN: 978-85-65425-32-2

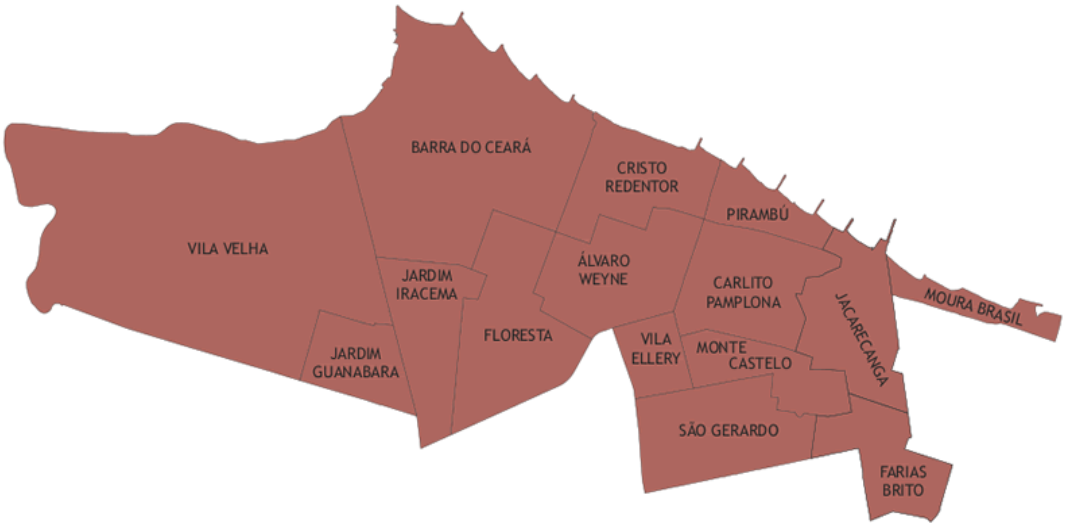


Figura 3 – Mapa da Regional 1 por bairros

(Fonte: Prefeitura de Fortaleza, 2016)

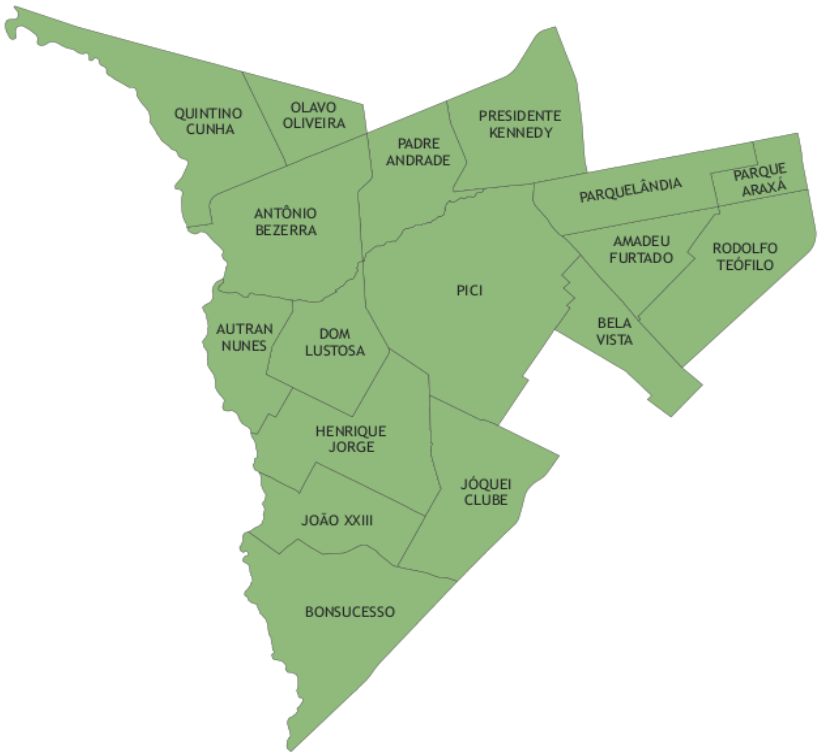


Figura 4 – Mapa da Regional 3 por bairros

(Fonte: Prefeitura de Fortaleza, 2016)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Neste trabalho não foram contempladas cinco escolas que se encontram no processo de reconstrução. Assim, o estudo está relacionado às manifestações patológicas presentes nas edificações das escolas estaduais da SEFOR 01, tendo uma amostra constituída de 51 unidades escolares que corresponde a 91,07% do universo desta pesquisa.

Buscou-se o embasamento em bibliografias nacionais para o desenvolvimento, sustentação e abordagens dos temas. Em paralelo à revisão bibliográfica, vistoriaram-se as edificações, sendo iniciadas as visitas em abril de 2015 e finalizadas em fevereiro de 2017, possibilitando a análise das principais demandas de reformas e/ou construções, sendo possível a realização do levantamento das principais manifestações patológicas com base na metodologia elaborada pela autora, buscando estabelecer critérios quanto à estabilidade da estrutura e grau de criticidade.

Em seguida foram analisados os dados, identificando os ambientes com necessidades de intervenções, permitindo um diagnóstico geral e planejamento com base no levantamento elaborado pela ferramenta de vistoria técnica nas edificações escolares.

2.1 Definição de critérios quanto a estabilidade da estrutura

Para o desenvolvimento desta etapa, fez-se necessário a vistoria dos equipamentos escolares, tendo uma visão ampla em relação a estrutura física das edificações.

Foram classificadas pelos seguintes estados:

✓ Ruim - Escolas com sérios problemas que proporcionam risco a estabilidade física em determinados ambientes;

✓ Regular - Escolas com problemas, mas que em geral apresenta uma boa estrutura física;

✓ Bom - Escola com problemas de menor gravidade e apresenta uma boa estrutura física;

✓ Reconstrução - Escolas não classificadas quanto a estabilidade da estrutura devido o prédio estar em fase de construção e o funcionamento ser provisório nas edificações adaptadas.

Escolas que apresentam boa estrutura física, mas encontram-se com um ou mais ambientes interditados, nesta análise está considerada temporariamente “ruim” até que a intervenção por reforma seja iniciada. Assim, as escolas que estão com orçamentos elaborados e aprovados ou aguardando aprovação, até que se finalize o processo licitatório para iniciar as intervenções, serão consideradas “ruins”. Já as que estão sendo reformadas serão consideradas nesta abordagem “regulares” ou “boas” de acordo com a estrutura existente.

2.2 Definição de critérios quanto ao grau de criticidade (prioridade)

A determinação do critério estabelecido nesta etapa torna viável a intervenção de acordo com o grau de prioridade, sendo classificado em:

ISBN: 978-85-65425-32-2

✓ Fraco – quando há uma situação que visa acrescentar, onde sua ausência não interfere no desenvolvimento das atividades escolares;

✓ Médio – quando há uma situação que pode aguardar as intervenções sem gerar grandes impactos a estrutura física;

✓ Necessário – quando há uma situação que não se pode evitar, sendo imprescindível, inevitável, forçoso;

✓ Urgente – quando há uma situação que não pode ser adiada, que deve ser resolvida rapidamente, pois se houver demora, corre risco de sinistros;

✓ Emergencial – quando há uma situação crítica ou algo iminente, com ocorrência de perigo; incidente; imprevisto.

Este modelo de caracterização facilita a ordem das intervenções por ambientes e/ou manifestações patológicas, contribuindo para um diagnóstico da situação pelo grau de prioridade para cada escola.

Nesta análise quanto ao critério de criticidade foi considerada as manifestações patológicas das escolas que estão sendo reformadas, pois entende-se que as informações são válidas para a caracterização do estudo.

3. Resultados e Discussões

Após a vistoria foram classificadas as escolas de acordo com o critério de estrutura física, sendo associada à estabilidade da edificação. Assim, foi possível agrupar as manifestações patológicas, sendo definidas por meio do critério de criticidade, resultando figura 5 a seguir.

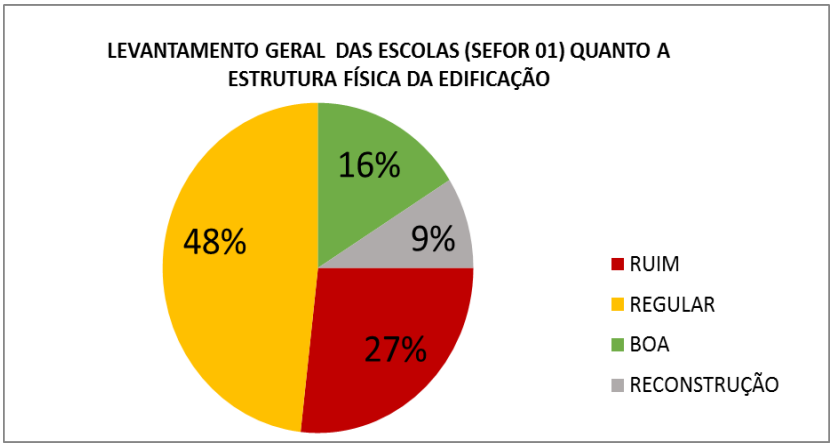


Figura 5 – Levantamento geral das escolas quanto a estrutura física da edificação (fevereiro/2017)

Este levantamento não representa que a escola considerada ruim tenha 100% da estrutura física comprometida, assim como uma escola considerada boa seja isenta de manifestações patológicas. Caso a escola apresente um ambiente com risco, mesmo este

ISBN: 978-85-65425-32-2

não interferindo no funcionamento escolar, devido ao critério estar relacionado com a estabilidade física, está contabilizado como “ruim”.

De acordo com a classificação da estrutura física apresentada na figura 5, fez-se necessário conhecer dentre as manifestações patológicas apresentadas, qual o grau de criticidade destes problemas em relação a edificação, sendo elaborado a figura 6 que relaciona o estado da edificação com a prioridade de intervenção.

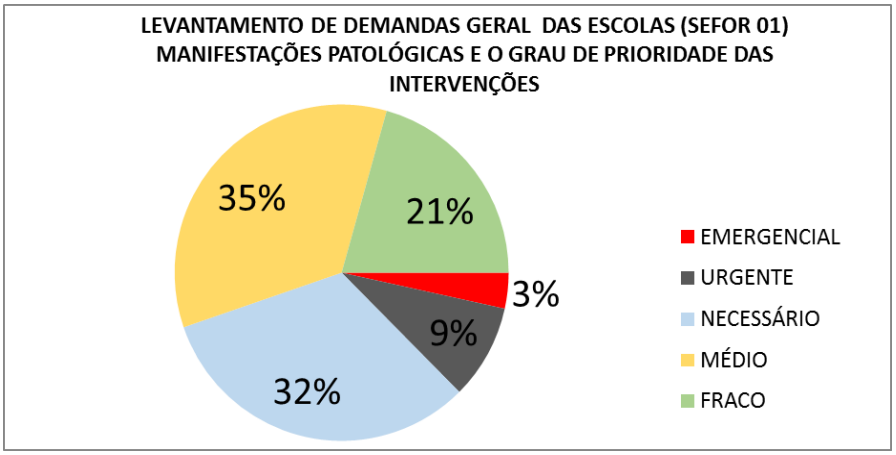


Figura 6 – Levantamento geral das escolas relacionando as manifestações patológicas e o grau de prioridade das intervenções (fevereiro/2017)

Assim, foi possível quantificar as edificações por ordem de prioridade nas intervenções, podendo traçar um plano de atuação voltada à manutenção a partir da criticidade da manifestação apresentada.

Para se ter uma representatividade de quais manifestações estava atuante nas edificações que caracterizava as estruturas com classificação quanto aos critérios estudados, separando e quantificando as ocorrências por intensidade constatada nas edificações escolares, resultando nas figuras 7 e 8.

ISBN: 978-85-65425-32-2

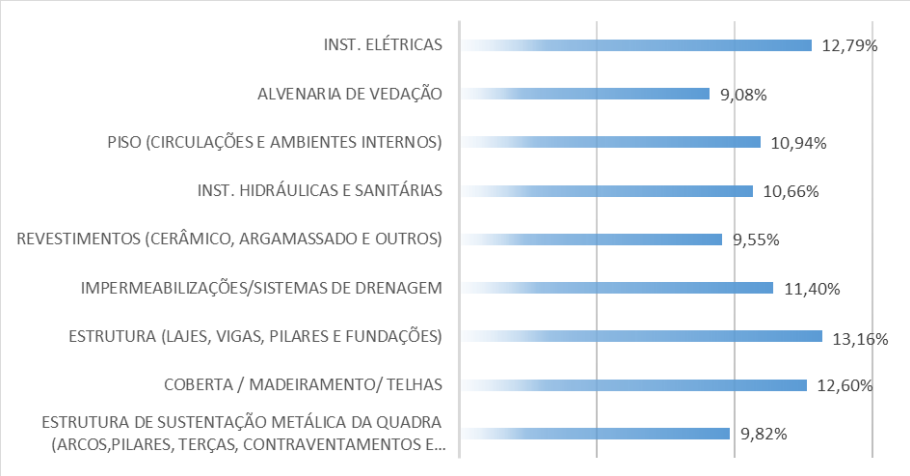


Figura 7 – Distribuição por intensidade das manifestações patológicas em análise (fevereiro/2017)

Ao longo de 22 meses de acompanhamento, este quadro foi sendo alterado de acordo com as intervenções realizadas, seguindo o grau de criticidade das estruturas físicas dos equipamentos escolares. Onde os orçamentos elaborados foram de acordo com a ordem das intervenções elencadas na metodologia apresentada, sendo determinada conforme o grau de criticidade relacionada aos critérios de estabilidade das edificações. A figura 8 ilustra as principais demandas atendidas pela elaboração de orçamentos.

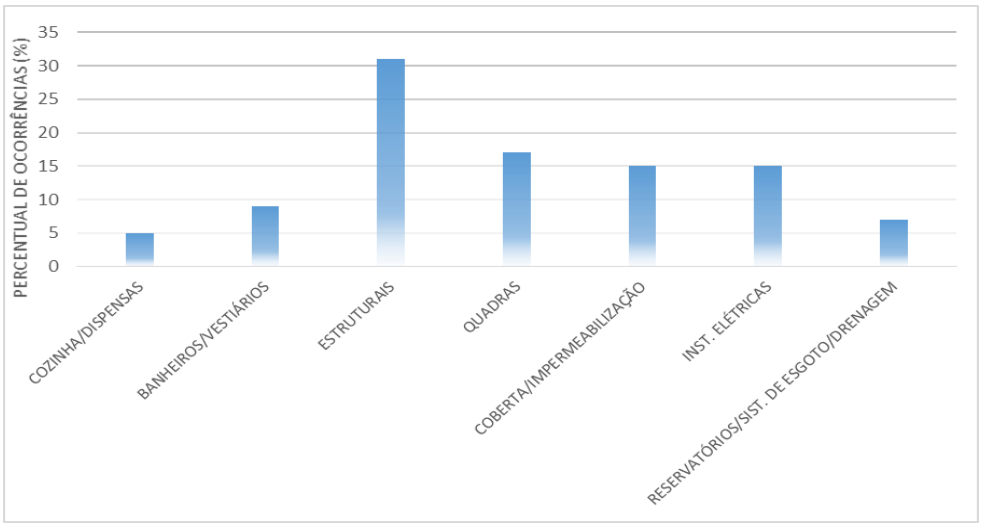
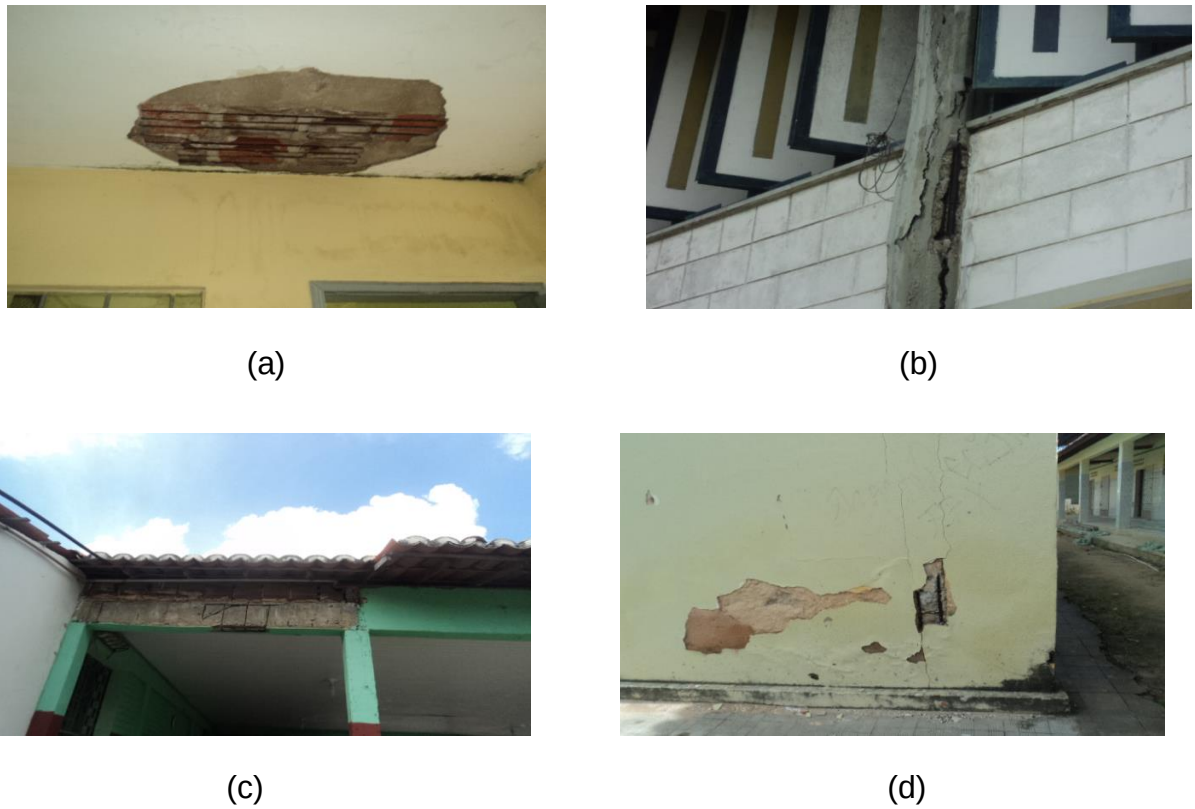


Figura 8 – Objetos dos orçamentos elaborados de intervenções nas estruturas físicas de 2015 a fevereiro/2017 de acordo com as principais manifestações patológicas

ISBN: 978-85-65425-32-2

A figura 8 apresenta as principais demandas atendidas, podendo observar que 31% correspondem a reformas devido a problemas estruturais, dentre estes se destacam em estruturas de pilares, vigas, lajes, fundações e alvenarias de vedação, incluindo estruturas de muros de divisa.

Com base nas principais manifestações constatadas e apresentadas de acordo com a figura 7, a seguir serão ilustradas imagens registradas ao longo do desenvolvimento da pesquisa, durante as vistorias técnicas realizadas nas edificações das escolas públicas.



(a) (b)

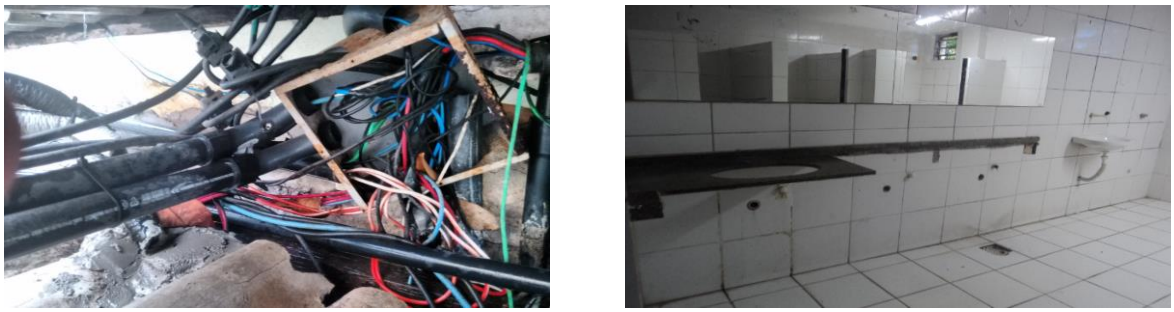
(c) (d)

Figura 9 – Exemplos de manifestações patológicas em estruturas de concreto: a) Laje com corrosão das armaduras e desplacamento do concreto; b) Pilar com avançada corrosão nas armaduras; c) Viga com exposição da armadura e desgaste do concreto; e d) Corrosão da armadura do pilar e fissuras na alvenaria (Fonte: Autoria Própria)

ISBN: 978-85-65425-32-2

(a) (b)

Figura 10 – Exemplos de manifestações patológicas em estruturas metálicas de quadras: a) Corrosão das estruturas metálicas de sustentação e das telhas e b) Corrosão da base do pilar metálico (Fonte: Autoria Própria)



(a) (b)

Figura 11 – Exemplos de manifestações patológicas nos sistemas de instalações: a) Instalações elétricas com cabos soltos e condições inadequadas dos eletrodutos Ausência de torneiras e b) Sifões, bancada em granito quebrada e outros (Fonte: Autoria Própria)

(a) (b)

Figura 12 – Exemplos de manifestações patológicas nos sistemas de coberta/madeiramento/telhas: a) Telhas quebradas e/ou deslocadas e b) Madeiramento com presença de cupins e fungos, deteriotando a estrutura de madeira (Fonte: Autoria Própria)

ISBN: 978-85-65425-32-2

4. Conclusões

O objetivo deste artigo foi apresentar o levantamento das principais manifestações patológicas nas edificações escolares da SEFOR 01, constatando suas condições físicas. Por meio deste estudo e acompanhamento foi possível realizar o diagnóstico das edificações, possibilitando o planejamento de ações de forma corretiva e preventiva de acordo com o risco à integridade física dos usuários, do sistema e/ou segurança do edifício. Em função das estruturas serem diferenciadas, apresentado particularidades quanto ao modelo construtivo, idade, características do solo, dentre outras, as intervenções relacionadas à manutenção são programadas pelos gestores das escolas, não tendo um padrão de planejamento. Na análise das principais manifestações patológicas recorrentes nas edificações escolares antes das intervenções, tem-se que as três principais demandas estão relacionadas a problemas estruturais, seguida da coberta/madeiramento/telhas e da estrutura de sustentação metálica da quadra. Em comparativo com o gráfico 04, tem-se que este levantamento contribuiu para a identificação das principais manifestações patológicas nas edificações escolares da SEFOR 1, sendo realizadas as intervenções de acordo com o grau de criticidade elencadas no trabalho desenvolvido, onde as principais demandas atuais demonstram que os problemas mais críticos relacionados à estabilidade das edificações foram em sua maioria atendidos, sendo um processo contínuo de acompanhamento e execução de serviços de manutenção. Foi possível constatar que esta ferramenta desenvolvida proporcionou o planejamento de intervenções necessárias para garantir o funcionamento das atividades escolares e a segurança nas edificações. Sendo assim, é possível afirmar que a vistoria técnica é uma ferramenta essencial da engenharia diagnóstica que permite a identificação das manifestações patológicas nas edificações escolares, contribuindo para a realização de intervenções planejadas após definições quanto ao critério relacionado à estabilidade da estrutura e grau de criticidade, garantindo que o recurso público seja aplicado de forma eficiente e eficaz por ações preventivas e corretivas.

Agradecimentos

Os autores agradecem primeiramente a Deus, agradecemos a Secretaria da Educação do Estado do Ceará pela coleta das informações de base para o desenvolvimento do trabalho.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, J.J.O. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. 1997. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Manual de Revestimentos de Argamassa. Comunidade da Construção. São Paulo: ABCP, 2002.

ISBN: 978-85-65425-32-2

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Manual de operação, uso e manutenção das edificações - Conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação. Rio de Janeiro, 1998.

_____. NBR 5410: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 2004.

_____. NBR 5674: Manutenção de edificações - procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

_____. NBR 6118: Projeto e execução de obras de concreto - procedimentos. Rio de Janeiro, 2014.

_____. NBR 9575: Impermeabilização – seleção e projeto. Rio de Janeiro, 2010.

_____.NBR 15575-1: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1 :Requisitos gerais.Rio de Janeiro, 2013.

CAMARGO, Maria de F. D. Pisos à base de cimento: caracterização, execução e patologias. 2010. 126 fls. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, 2010.

CAMPOS, Ana M. da Rocha. Estudo da Agressividade do Ar em fortaleza/CE. 2016, 50 fls. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil: Estruturas e Construção Civil da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2016.

DUARTE. R. B. Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: CIENTEC, 1998. Boletim Técnico n.25.

FREIRE, Altair. Patologia nas Edificações Públicas do Estado do Paraná: Estudo de Caso da Unidade Escolar Padrão 023 da Superintendência de Desenvolvimento Escolar – SUDE. 2010. 41 f. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GNIPPER, D. F. Patologias em sistemas hidráulicos prediais. Vol.1. Curitiba: Instituto IDD – ESEEI ,2013.

GOMIDE, Tito L. F., NETO, Jerônimo C. P. F. e GULLO, Marcos A. Engenharia Diagnóstica em Edificações. São Paulo: Pini, 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

HELENE, P. R. L. Manual para reparos, reforço e proteção das estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1992.

HELENE, P. & Figueiredo, E. P. Introdução In: DEGUSSA. Manual de reparo, proteção reforço de estruturas de concreto. Red Rehabilitar, São Paulo, 2003.

IANTAS, Lauren Cristina. Estudo de Caso: Análise de Patologias Estruturais em Edificação de Gestão Pública. 2010. 57 fls. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

LIMA, A. Carlos da Silva. Manifestações Patológicas nas edificações escolares da rede municipal de Criciúma: levantamento e análise a recorrência. 2010, 161 fls. Monografia (Trabalho de conclusão de curso Engenharia Civil) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC. Criciúma, 2010.

MAGALHÃES, Ernani F. de. Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no Estado do Rio Grande do Sul. 2004, 180 fls. Dissertação (Mestrado Profissional em engenharia). Escola de Engenharia, Universidade federal do rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

MIOTTO, Daniela. Estudo de caso de patologias observadas em edificação escolar no município de Pato Branco – PR. 2010, 63 fls. Monografia (Especialização em Construção de Obras Públicas) – Universidade Federal do Paraná. Pato Branco, 2010.

PRAVIA, Z. M. C.; BETINELLI, E. A. Falhas em estruturas metálicas: Conceitos e estudos de caso. Curso de Engenharia Civil da FEAR – UPF. Disponível em:< http://wwwo.metalica.com.br/patologias-comuns-em-estruturas-metalicas>. Acesso em 13mar. 2017.

RHOD, A. Barcelos. Manifestações patológicas em revestimentos cerâmicos: análise da frequência das ocorrências em áreas internas de edifícios em uso em Porto Alegre. 2011, 71 fls. Monografia ((Trabalho de conclusão de curso Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.

SILVA, A. Felipe da. Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassadas. Estudo de caso em edifícios em Florianópolis. 2007, 190 fls. Monografia (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

SITTER W.R. Costs for service life optmization the “Law of Fives”.Comite Euro Internacional Du Beton-CEB. Boletim Técnico n. 152, 1983.

ISBN: 978-85-65425-32-2

SOUZA, Vicente C. M de, RIPPER, Thomaz. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998.

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. 1 ed. São Paulo: Pini:1989.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

DIAGNÓSTICO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM REVESTIMENTO ARGAMASSADO: ESTUDO DE CASO EM UM HOSPITAL PÚBLICO

Diagnosis Of Pathological Manifestations In Mortar Coating: Case Study In A Public Hospital

Claudionor Andrade FARIAS JÚNIOR[1], **Luiz Maurício Furtado** MAUÉS[2], **Luciana de Nazaré Pinheiro** CORDEIRO[3]

[1] Instituto Federal do Pará, Abaetetuba-Pará, Brasil, claudionor.junior@ifpa.edu.br

[2] Universidade Federal do Pará, Belém-Pará,BRasil, maues@ufpa.br

[3] Universidade Federal do Pará, Belém-Pará,BRasil, lucianapc@ufpa.br

Resumo: Historicamente, apesar do avanço nas técnicas construtivas e da qualidade dos materiais que são utilizados na construção de edificações, ainda existem situações que levam à ocorrência de manifestações patológicas, sendo essas originárias de vários fatores, dentre os quais pode-se citar a falta de manutenção preventiva. Este fato se reproduz com mais frequência nas edificações públicas, pois nestas existem limitações orçamentárias para essa finalidade. O presente artigo tem por objetivo realizar um diagnóstico das principais manifestações patológicas recorrente em revestimentos argamassados aplicados sobre sistemas estruturais (lajes, vigas e pilares) em uma instituição pública com mais de 100 anos de existência. A metodologia utilizada na pesquisa para o ensaio de percussão atendeu as especificações da norma NBR 13749-1996, tendo sido encontradas manifestações patológicas de destacamentos ou descolamentos nos revestimentos, trincas, fissuras e proliferações de fungos. O artigo demonstra de forma clara a necessidade dos gestores públicos destinarem recursos para realizar inspeções e eventuais ações preventivas nas edificações, principalmete para evitar riscos de ocorrer acidentes com o deslocamento dos revestimentos e previnir a ocorrência de possíveis danos aos usuários da edificação.

Palavras-chave: manifestações patológicas, edificações públicas, risco.

Abstract: Historically, despite the advances in the construction techniques and the quality of the materials that are used in the construction of editions, there are still situations that lead to the occurrence of pathological manifestations, which originate from several factors, among which we can mention the lack of preventive maintenance. This fact is more frequently reproduced in public buildings, since there are budget limitations for this purpose. The objective of this article is to perform a diagnosis of the main recurrent pathological manifestations in mortar coverings applied to structural systems (slabs, beams and pillars)

ISBN: 978-85-65425-32-2

in a public institution with 100 years of existence. The methodology used in the research for the percussion test met the specifications of norm NBR 13749-1996. Pathological manifestations of detachments or detachments have been found in the coatings, cracks, cracks and proliferations of fungi. The article clearly demonstrates the need for public managers to allocate resources to carry out inspections and eventual preventive actions in buildings, mainly to avoid the risk of accidents involving the displacement of coatings and the same can reach users of the building.

Keywords: Pathological manifestations, public buildings, risk.

1. Introdução

A patologia das edificações é a ciência que estuda as origens, formas de apresentação, aspectos e possíveis soluções para problemas que podem afetar uma edificação ou um de seus componentes (CAPORRINO, 2015). Neste contexto, têm-se as manifestações patológicas recorrentes em revestimentos argamassados que são consequências de fatores relacionados tanto à escolha dos materiais, quanto à produção inadequada e falta de manutenção. A manutenção preventiva é a maneira mais correta de se manter em boas condições o uso de uma edificação. A falta desta ação pode até quintuplicar o cisto para realização de uma ação, levando a medidas corretivas (HELENE, 1993).

Neste contexto têm-se os revestimentos argamassados, utilizados nas edificações desde os primórdios (PETRUCCI, 1975). Este tipo de revestimento está sujeito a vários fenômenos que levam a sua degradação. Para Thomaz (1992) as principais causas de problemas são o despreparo dos profissionais, incompatibilidade dos projetos, falta de planejamento e de fiscalização de obras. Helene (1993) relaciona esses fenômenos a cargas excessivas, variações de umidades, variações térmicas, agentes biológicos, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos, entre outros. No ano de 1988 Cincotto realizou um estudo que, entre outras coisas, elencou as principais manifestações patológicas recorrentes neste sistema, cita-se eflorescência, bolor, vesículas, descolamento de revestimento, fissuras.

A grande questão é que a incidência desses problemas nas construções tem aumentado cada vez mais, e muitos destes defeitos não são desconhecidos, ocorrem desde os seus primórdios, e só aumentam em quantidade, variedade e frequência (SEGAT, 2006).

As lajes são coberturas suscetíveis às movimentações térmicas, de forma que ligações demasiadamente rígidas propiciam o destacamento entre os diferentes materiais. Na interface do pilar com a alvenaria frequentemente ocorrem fissuras nos revestimentos. A umidade associada a um problema de infiltração de água em lajes mal impermeabilizadas ou produzidas com argamassas magras podem ocasionar problemas no revestimento (SEGAT, 2006).

Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo realizar um diagnóstico das principais manifestações patológicas recorrentes em revestimentos argamassados aplicados sobre sistemas estruturais (lajes, vigas e pilares) em uma instituição pública com mais de 100 anos de existência.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2. Metodologia

Em fevereiro de 2016 foi realizada uma vistoria *in loco* para constatação técnica das reais condições da edificação e identificação dos principais agentes de degradação presentes no entorno. Durante esta fase realizou-se uma caracterização do objeto de estudo com a descrição das informações e registros fotográficos, o intuito era avaliar o estado de conservação geral de cada um dos “panos” de lajes componentes. Uma vez identificados os pontos com maior incidência de manifestações patológicas realizou-se a inspeção das áreas afetadas por meio da análise técnica edifício.

2.1 Caracterização do objeto de estudo

Tem-se como objeto de estudo um Hospital Público que ao longo de seus mais de 100 anos de existência, possui diversos prédios, em sua maioria com altura de 02 pavimentos. A área total do corredor de circulação do pavimento térreo dessa edificação mede 159 m². As estruturas são de concreto armado e o revestimento interno e externo dos elementos de vedação, bem como dos componentes estruturais, foram argamassados com a finalização em pinturas.

Com relação à manutenção predial, é notório que os seus diversos sistemas apresentavam deficiências e acabavam comprometendo a infraestrutura de elementos elétrico, hidrossanitário, de drenagem, combate a incêndio, climatização, gases medicinais, dentre outros. Não foram encontrados os projetos complementares que poderiam auxiliar na fundamentação das tomadas de decisões.

Nas Figuras 1 e 2 tem-se a foto do projeto arquitetônico bem como algumas vistas e croqui do objeto de estudo, uma vez que os gestores não disponibilizaram o documento digital. A partir deste documento definiu-se a área específica a ser avaliada. A motivação por este espaço deu-se pelo desmoronamento de parte do reboco da laje, que incidiu sobre o corredor de acesso em frente ao setor de informática. Este evento fez com que se realizasse uma avaliação das condições de todo o forro do corredor de circulação do pavimento térreo do prédio principal.

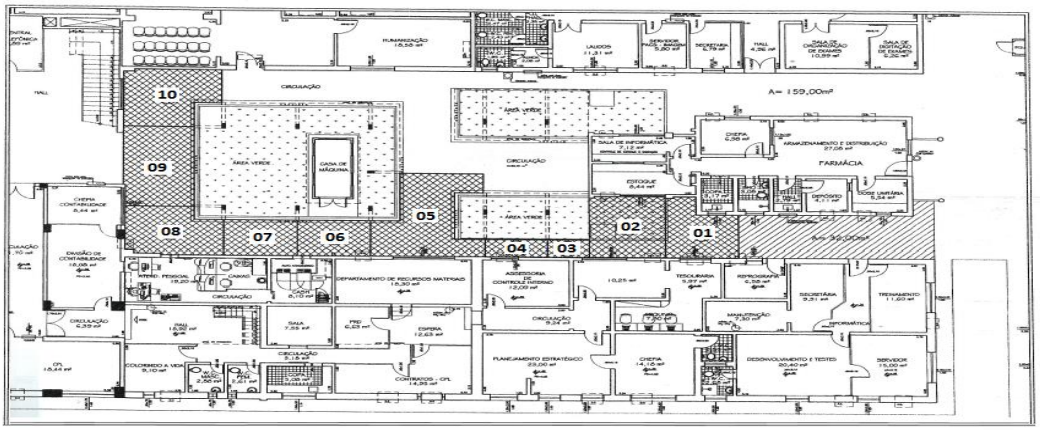


Figura 39: – Planta baixa da área diagnosticada

ISBN: 978-85-65425-32-2

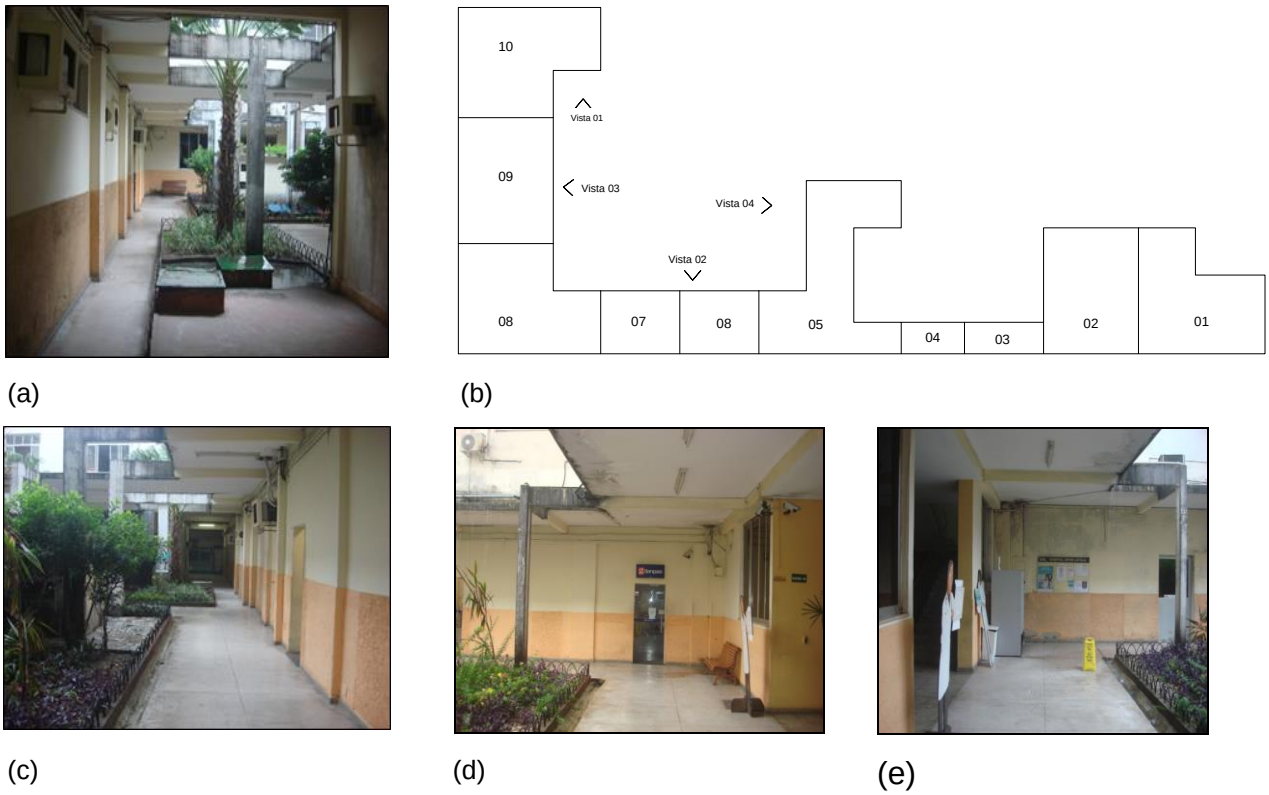


Figura 40 – Vistas e croqui do objeto de estudo: (a) vista 01; (b) croqui das subáreas; (c) vista 02; (d) vista 3 (e) vista 04

2.2 Critérios adotados na Inspeção da Edificação

Para a inspeção das argamassas de revestimento aplicadas em paredes e tetos, foram realizados ensaios nas superfícies indicadas objetivando-se determinar sua confiabilidade e reduzir a incidência de futuras manifestações patológicas no revestimento externo.

Neste sentido realizou-se nesta pesquisa o ensaio de percussão, conforme as especificações da norma NBR 13749-1996, para a verificação das condições de aderência do revestimento. O mesmo consiste em submeter a superfície à aplicação de impactos leves com um martelo ou outro instrumento rígido que atenda às recomendações normativas, verificando se ocorrem sons cavos (ocos) na superfície, conforme mostra a Figura 41.

ISBN: 978-85-65425-32-2

(a) (b)

Figura 41 – Demonstração do teste de percussão: (a) aplicação do martelo e (b) área de avaliação

A avaliação foi feita em uma área de 1m² a cada 50 m² para tetos. Desta forma, como o teto do edifício apresentava uma área de 110,45 m², adotou-se proporcionalmente um total de aplicação de ensaio em três pontos de 1 m². Havendo a detecção de falhas no revestimento, o local era identificado com o auxílio de giz de cera ou giz estaca, circulando todo o trecho com som cavo, onde seria definido quanto à remoção ou não do trecho, isso de acordo com o tamanho, forma e local. Se optado pela remoção da área comprometida, identificava-se o ponto de ocorrência de falha (interface entre substrato e chapisco ou chapisco e revestimento) para que se pudesse facilitar a regularização da superfície.

Considerando-se as peculiaridades do ambiente avaliado, e objetivando-se obter uma maior segurança e assertividade no estudo técnico da área, justifica-se a iniciativa de se ter buscado contemplar um maior número possível de pontos analisados, de forma a superar o número mínimo supracitado, conforme o mapeamento da área total em diversas subáreas, compostas por panos individuais de laje (Figuras 1 e 2).

3. Resultados e Discussões

Conforme apresentado no croqui, tendo a área afetada sido dividida em subáreas compostas por panos individuais de laje, os resultados serão apresentados para cada subárea específica:

3.1 Som Cavo

Os pontos apresentados na Figura 42 dizem respeito às lajes adjacentes à área de ocorrência do desmoronamento de parte do reboco da laje, situadas sob o CTI 01.

ISBN: 978-85-65425-32-2

(a) (b) (c)

Figura 42 – Subáreas com som cavo (a) Subárea 01; (b) Subárea 02; (c) Subárea 03

Ao aplicar o teste de percussão nestes pontos observou-se a incidência de som cavo, que é um dos primeiros sinais de destacamentos ou descolamentos nos revestimentos, e geralmente ocorrem nos primeiros e últimos andares do edifício, devido ao maior nível de tensões nestes locais (ALMEIDA, 2012). Este som foi constatado nas dez subáreas analisadas, excetuando-se a subárea 4, que não apresentava ocupação no pavimento superior e não demonstrava problemas de manifestações patológicas.

Figura 43 – Subáreas sem o som cavo (Subárea 04)

3.2 Descolamentos dos revestimentos

Nota-se na Figura 44 o descolamento dos revestimentos, uma manifestação patológica prejudicial no que tange aos aspectos estéticos, bem como o isolamento e a proteção.

ISBN: 978-85-65425-32-2

(a) (b) (c)

Figura 44 – Subáreas com descolamento do revestimento (a) Subárea 07 (b) Subárea 6 (c) Subárea 6

Para Veiga e Faria (1990) as prováveis causas são infiltração de umidade, base mal preparada, hidratação retardada do óxido de magnésio, sulfatos dissolvidos na água, entre outros. Na Figura 44a é notório o ínicio de um processo de descolamento de pintura, no entanto, na Figura 44b tem-se um descolamento em placa da argamassa, que nada mais é do que um processo de deterioração que leva a queda de porções ou da quase totalidade do revestimento que se apresentam endurecidos, porém quebradiços. As possíveis causas que atuam com ou sem simultaneidade podem ser: a umidade presente no revestimento, argamassa muito rica; argamassa magra; aplicação de argamassa em camada muito espessa, e a grande espessura pode provocar comportamento de dilatação e retração diferenciado entre a base e o revestimento (CAPORRINO, 2015; BAUER, 1994).

Ao observar a Figura 44c nota-se uma instalação de tubulação de equipamentos de climatização (*split*) atravessando-a sem o devido acabamento da laje, o que gera infiltração em suas extremidades e favorece os descolamentos. A umidade por infiltração promove a penetração da água ao longo da espessura do revestimento, podendo produzir manchas em sua superfície, conforme demonstrado pelo círculo na presente figura (ANTUNES, 2010).

3.3 Proliferação de Fungos

Observa-se na **Figura 45** a proliferação de fungos expressa por manchas escuras decorrentes da umidade constante decorrente do fluxo de água inadequado nestas lajes, que podem ter ocorrido por águas de lavagem, respingos, vazamentos, chuvas entre outras. Quando a umidade impregnou na superfície, dissolveu os sais solúveis e/ou a matéria orgânica presentes nos materiais de construção e os transportou para a superfície. Uma vez que ocorreu a evaporação parcial ou total desta umidade, e por conta da condição de exposição, formaram-se manchas escuras propícias à cultura e proliferação de colônia de organismos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

(a) (b) (c)

Figura 45 – Subáreas com manchas e proliferação de fungos: (a) Subárea 05 (b) Subárea 10 e (c) Subárea 07

No que se refere ao conjunto de lajes de cobertura da circulação das subáreas de 03 a 10, sem ocupação no pavimento superior, observou-se a existência de diversas condensadoras de equipamentos de climatização (*splits*) instaladas sobre as mesmas. Esta base foi preparada com manta asfáltica mas notou-se que a mesma apresentava falhas, que não se tem conhecimento da origem, se devido à falta de manutenção ou à aplicação inadequada.

(a) (b)

Figura 46– Impermeabilização das lajes (a) Vista 03 e (b) Vista 04

3.4 Fissuras/Trincas

Nas subáreas 08 e 05 observou-se a presença de trincas/fissuras, sendo um dos principais problemas que afetam as edificações. Supõe-se que a argamassa aplicada sob esta base retraiu gerando uma tensão que favoreceu o aparecimento das fissuras. Como não se fez uma análise quantitativa a fim de se definir a sua abertura, identificou-se o problema como fissura/trinca.

ISBN: 978-85-65425-32-2

(a) (b)

Figura 47 – Lajes com trincas/fissuras (a) Subárea 08 e (b) Subárea 05

Deste modo, tem-se como diagnóstico que as subáreas de 05 a 10 apresentavam manchas decorrentes da umidade, ocasionadas principalmente pela instalação inadequada de *splits*. As subáreas 05 e 08 apresentavam problemas de trincas/fissuras que precisavam ser controladas. Vale ressaltar que existiam condensadoras instaladas sobre a laje de cobertura da circulação que se estende da subárea 03 a 10. Foi pensado em impermeabilizar estas áreas antes da instalação desses equipamentos, no entanto a manta asfáltica aplicada apresentava falhas que afetavam o seu desempenho.

Considerando-se a constatação de incidência intensa de som cavo a partir da aplicação do teste de percussão com uso do martelo em 09 (nove) das 10 (dez) subáreas investigadas (totalizando 110,45 m²), excetuando-se apenas subárea 04 (5,08 m²) que não apresentou a incidência do referido som; como fator determinante para a indicação de perda de aderência da argamassa de revestimento dos tetos avaliados, concluiu-se sobre a então existência de fortes indícios de patologias correspondentes à perda de aderência da argamassa de revestimento do teto das diversas subáreas investigadas.

4. Conclusões

Considerando-se o objetivo deste estudo de realizar um diagnóstico das manifestações patológicas que levaram à perda de aderência do revestimento argamassado em lajes do objeto de estudo, concluiu-se que dentre as subáreas investigadas, as subáreas 01 e 02 (situadas sob o CTI 01) e as subáreas 05, 06, 08 e 10 (sem ocupação no pavimento superior, porém com fissuras/trincas, infiltrações e *splits* atravessando a Laje) exigiam maior atenção em função da forte incidência do som cavo, bem como o evidente aspecto de maior deterioração. Indicou-se, em caráter emergencial, a imediata remoção do reboco das referidas lajes, com posterior recomposição.

Diante do histórico da edificação avaliada, tornou-se necessário, inevitavelmente, sugerir um acompanhamento mais efetivo das instalações físicas do referido Hospital Público, de forma a monitorar o comportamento das suas diversas áreas, objetivando-se a minimização de riscos bem como a prevenção para que este tipo de problema não volte a acontecer.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Finalizando, ao destacar-se o fato dos resultados apresentados pelo presente estudo terem apontado a necessidade de ações corretivas emergenciais, deve-se ressaltar a efetiva ação dos gestores do referido Hospital Público em função das não conformidades identificadas já terem sido solucionadas, garantindo, assim, a regularização do funcionamento do espaço bem como a segurança dos usuários.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, L. L. Patologias em revestimento cerâmico de fachada. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.

ANTUNES, G. R. Estudo de manifestações patológicas em revestimento de fachada em Brasília - sistematização da incidência de casos. Dissertação de Pós-Graduação em em Estruturas e Construção Civil. Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. NBR 13749: revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – especificação. Rio de Janeiro, 1996.

BAUER, L. A. F. Materiais de Construção. São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora – 2 volumes – 5a Edição – 1994. 960 p.

CAPORRINO, Cristina Furlan, Patologia das anomalias em alvenarias e revestimentos argamassados. São Paulo: Pini, 2015.

HELENE, P. R. L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1993.

PETRUCCI, E. G. R. Materiais de construção. Porto Alegre: Globo, 1975.

SEGAT, G. T. Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul. 2006. 166f. Dissertação (mestrado profissional)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

THOMAZ, E. Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo, Ed. PINI, 1992.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

INSPEÇÕES EM PONTES E VIADUTOS E AS PRINCIPAIS ANOMALIAS OBSERVADAS

Bridge And Viaduct Inspections And Major Observed Anomalies

ARAUJO, C.J.R.V.[1], MORAES, J.T.L.[2], OLIVEIRA, I.L.[3]

[1] Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP, São Paulo, Brasil, ciroaraujo@ipt.br

[2] Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP, São Paulo, Brasil, teofilo@ipt.br

[3] Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de SP, São Paulo, Brasil, ivanisio@ipt.br

Resumo: As pontes e viadutos, denominadas no meio técnico como Obras de Arte Especiais, são obras de engenharia de extrema importância para o desenvolvimento econômico e social do país. Essas obras estão sujeitas a todo tipo de ação do meio ambiente, a desgastes naturais e a carregamentos acidentais durante sua vida útil. Devido a isso, é importante uma gestão de atividades de inspeção e manutenção nas estruturas para promover a sua adequada conservação. Nas inspeções é feito o levantamento das anomalias existentes nas suas partes estruturais e indicados os tratamentos a serem realizadas para a sua manutenção. Diante da importância da gestão das atividades de inspeção, buscou-se neste trabalho apresentar um panorama geral das anomalias mais comuns observadas nos trabalhos de inspeção dos componentes estruturais de pontes e viadutos.

Palavras-chave: Obras-de-arte; Inspeção em pontes e viadutos, anomalias em pontes e viadutos.

Abstract: The bridges and viaducts, named in technical terms as Special Works of Art, are engineering works of extreme importance for the economic and social development of the country. These works are subject to all kinds of environmental action, natural wear and accidental loading during their lives. Due to this, it is important to manage inspection and maintenance activities in the structures to promote their proper conservation. In the inspections is made the survey of the existing anomalies in the structures and indication of the treatments to be performed by the maintenance. Considering the importance of the management of inspection activities, this work aimed to present an overview of the most common anomalies observed in the work of inspections, related to structural components of bridges and viaducts.

Keywords: Inspection of bridges and viaducts, anomalies in bridges and viaducts.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

As Obras de arte especiais - OAEs são estruturas que tem a finalidade de transpor obstáculos, sendo denominadas pontes quando estão construídas sobre canais aquíferos, como rio, mar, córrego, etc., e, quando localizadas sobre avenidas, vales secos, rodovias, ferrovias, entre outros, são chamadas de viadutos.

As passarelas e pontilhões são denominados também como Obras de Arte Especiais, porém com outras caracterísitcas, a primeira é destinada exclusivamente à travessia de pedestres e ciclistas, independentemente se está sobre obstáculo natural ou artificial, e a segunda é referente a estrutura com um único vão igual ou inferior a 6 m.

Essas construções estão submetidas às ações externas provenientes de cargas móveis de veículos, forças devidas ao vento, ação das águas de rios que incide nas mesoestruturas e infraestruturas, variações de temperatura, retração e fluência no caso do concreto. Além disso, estão construídas em ambientes sujeitos a diversos tipos de classes de agressividade, conforme é apresentado na ABNT NBR 6118 (ABNT, 2014), desde as mais fracas até locais com agressividade muito forte.

Segundo Araujo (2014) a degradação das obras de arte especiais está vinculada a questões como: idade, uso inadequado para a qual foi projetada, exposição ao meio onde está inserida e falta de atividades de inspeção e manutenção.

A importância da realização de inspeções, sejam elas pelos mais diversificados motivos, consiste em identificar as condições estruturais, de funcionalidade e de durabilidade das obras e estabelecer/elaborar especificações para tratamento das anomalias desenvolvidas.

Os trabalhos de manutenção em estruturas devem estar associados ao conhecimento da origem do processo de deterioração, o que vai permitir a utilização do tratamento mais adequado às anomalias observadas.

A falta de manutenção das obras de arte tem gerado custos muito altos para o Brasil, pois as estruturas estão em mal estado de conservação, com necessidade de realização de manutenções e intervenções emergenciais, resultando em elevadas despesas com reparos e reforços. Tais problemas também se refletem nos custos dos transportes, que estão associados aos elevados fretes cobrados, quando se torna necessária a elaboração de uma logística pertinente diante de situações que mostram ser imperativo a realização de desvios longos de trajeto, em função da impossibilidade de utilização de trechos das respectivas vias (ARAUJO, 2014).

2. Inspeção em pontes, viadutos e passarelas

Conforme apresentado na ABNT NBR 9452 (ABNT, 2016) existem quatro tipos de inspeções em Obras de Arte Especiais, sendo elas: Cadastral, Rotineira, Especial e Extraordinária.

As Inspeções Cadastrais são as primeiras a serem realizadas, com a finalidade de montar um registro da estrutura, sendo efetuadas imediatamente após a conclusão da obra ou

ISBN: 978-85-65425-32-2

quando há uma alteração na sua configuração, como: alargamentos, reforços estruturais, acréscimo da estrutura e mudanças no sistema estrutural.

As Inspeções Rotineiras são atividades que visam acompanhar o estado de conservação e detectar eventuais anomalias que venham a surgir ou que já existam, sendo verificada sua evolução com base nas inspeções anteriores, dando subsídios ao planejamento dos trabalhos de inspeções especiais. São realizadas com ou sem utilização de equipamentos especiais para análise ou acesso, e se desenvolvem com observações à distância, a partir do terreno, do nível d`água ou sobre o tabuleiro, devendo ser levada a efeito dentro de uma periodicidade não superior a um ano.

As Inspeções Especiais são realizadas com base nas Inspeções Rotineiras, e sua função é diagnosticar de maneira mais precisa as patologias existentes, apresentando os tipos de terapias que as atividades de manutenção devem realizar. Para realização dessas inspeções é necessária a utilização de meios e equipamentos que permitam a aproximação aos locais, áreas e pontos inspecionados da estrutura, podendo ser, por exemplo,: escadas telescópicas; andaimes tubulares; caminhões com plataforma; caminhões dotados de dispositivos hidráulicos especiais; treliças móveis; guindastes, dispositivos de segurança do trabalho instalados sob os tabuleiros como redes tensionadas para inspeção, “DRONES”, que são veículos aéreos não tripulados controlados à distância por meios eletrônicos e computacionais, etc.

Segundo Araujo (2017) o Japão utiliza sistemas de inspeção que podem ser empregados na investigação de superfícies de concreto, com uso de câmeras de alta resolução com infravermelho integrada a softwares. Esses sistemas são capazes de captar imagens a longas distâncias e com alta definição, podendo-se analisar fissuras com aberturas mínimas de até 0,1 mm, rastrear mudanças no comportamento dessas fissuras e avaliar regiões em que concreto apresenta patologias.

Conforme recomendações da norma da ABNT NBR 9452 (ABNT, 2016) a periodicidade das Inspeções Especiais em uma obra é de cinco anos, podendo ser postergada para até oito anos, desde que seja possível o acesso a todos os seus elementos constituintes, os quais já tenham sido vistoriados nas Inspeções Rotineiras. Igualmente, a obra deve se enquadrar economicamente no grupo de obras com intervenções de longo prazo, conforme nota de classificação quanto ao seu estado de conservação, indicada na ABNT NBR 9452 (ABNT, 2016).

Quando em inspeção anterior for indicada uma classificação de intervenção de curto prazo, sob os aspectos de desempenho estrutural e de durabilidade, e também quando forem previstas adequações de grande porte, como alargamentos, prolongamentos, reforços e elevação de classe portante, as inspeções especiais deve ser antecipadas (NBR 9452, 2016).

De acordo com a ABNT NBR 9452 (ABNT, 2016), as Inspeções Extraordinárias estão relacionadas às necessidades não programadas, por ocorrência de impactos de veículos, trem ou embarcações nas obras, ocorrência de eventos da natureza como inundações, vendaval, sismos e outros, e quando é necessário avaliar mais criteriosamente um elemento ou parte da Obra de Arte Especial.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A nova norma ABNT NBR 9452 (ABNT, 2016) proporciona uma “padronização” e uma melhor abordagem em relação à versão anterior de 2012, quanto à identificação e avaliação dos elementos constituintes das OAE`s. Fornece roteiros e modelos de fichas de inspeções mais bem elaborados e detalhados e também desenhos esquemáticos com indicações da nomenclatura dos elementos das obras, facilitando a compreensão da equipe técnica para a identificação da tipologia das obras e dos elementos inspecionados, e avaliações quanto às condições de conservação em que se encontram.

Em seu novo texto, os elementos pertencentes às pontes e viadutos são identificados em função do nível de importância em relação à segurança estrutural. Nesse aspecto, são designados como elementos principais os elementos que, caso ocorra um dano, podem ocasionar o colapso parcial ou total da obra. Em seguida vêm os elementos secundários, que, por sua vez, são aqueles que podem ocasionar a ruptura em apenas uma parte de um vão e, por fim, os elementos complementares, cuja perda de função não ocasionarão nenhum comprometimento estrutural.

O novo texto da norma ABNT NBR 9452 (ABNT, 2016) atribui notas de classificação quanto ao estado de conservação em relação aos parâmetros estruturais, de durabilidade e de funcionalidade para a avaliação das OAEs, sendo elas: crítica (1), ruim (2), regular (3), boa (4) e excelente (5). Essa classificação permite uma visão mais qualitativa e quantitativa das anomalias observadas, refletindo a maior ou menor gravidade dos problemas detectados, proporcionando ainda subsídios para priorizar ações de manutenção e intervenção das obras.

Salienta-se que esses parâmetros de notas de classificação eram apresentados somente em especificações técnicas ou manuais de inspeção de órgãos governamentais reguladores de transportes, como a ARTESP e o DNIT (AGÊNCIA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2007; DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES, 2004).

Segundo Araujo (2017), outro aspecto importante mencionado nessa norma é a apresentação de um fluxograma de gerenciamento de Obras de Arte Especiais, que mostra a sequência das inspeções cadastrais, rotineiras, especiais e extraordinárias nas obras de arte, com as respectivas ações de intervenção para manutenção.

De acordo com Vitório (2002), a garantia de maior vida útil, com satisfatório desempenho funcional e estrutural, depende basicamente de uma adequada manutenção ao longo do tempo. Essa manutenção, tanto preventiva como corretiva, deverá fazer parte de um processo mais amplo de gestão das rodovias com suas respectivas obras de arte, compreendendo vistorias periódicas que visem identificar as falhas estruturais porventura existentes, diagnosticando-as e em seguida definindo as ações de recuperação, caso necessário.

Um exemplo da falta de manutenção, associado a problemas construtivos em Obras de Arte Especiais ocorrido no Brasil na década de 90, e que repercutiu no cotidiano da cidade de São Paulo, foi a Ponte dos Remédios cuja construção é de 1968 e durante quase 30 anos não foi objeto de qualquer tipo de manutenção. Em consequência de tal negligência e também de problemas construtivos, a ponte apresentava cabos de protensão rompidos ou sem material de injeção, concreto segregado, armaduras expostas, fissuras, trincas,

ISBN: 978-85-65425-32-2

infiltrações, aparelhos de apoio danificados e juntas de dilatação obstruídas ou com abertura reduzida devido a movimentação do tabuleiro. Essa situação gerou um custo para a recuperação da estrutura da ponte de cerca de R$ 6,2 milhões e, além disso, um custo sócio-econômico indireto com a paralisação da Marginal Tietê, cujos prejuízos chegaram a ser estimados em quase R$ 25 milhões/dia, ou seja, praticamente o custo de uma nova ponte (COZZA, 1997).

Esse exemplo é extremamente relevante na questão relacionada à importância da implantação de uma política regular de manutenção das obras públicas que se analisam, demandando as respectivas atividades de manutenção eficazes e viáveis sob os aspectos financeiros, estruturais, funcionais e de durabilidade, sendo necessários procedimentos de inspeções sistemáticos que devem ser previstos por toda a vida útil da estrutura, com início a partir da sua fase de construção, detectando em tempo hábil as anomalias que venham a surgir e tratando as que se desenvolvem ao longo da vida útil das estruturas (ARAUJO, 2017).

No item a seguir estão apresentados os tipos mais comuns de anomalias observadas nos trabalhos de inspeções em Pontes e Viadutos.

3. Anomalias mais comuns observadas nas inspeções em OAEs

As causas de deterioração das estruturas podem ser intrínsecas ao elemento estrutural ou extrínsecas ao corpo da estrutura. As causas intrínsecas ao processo de degradação são inerentes às próprias estruturas, ou seja, com origem nos materiais e peças estruturais durante as fases de execução e/ou de utilização das obras. As extrínsecas, por sua vez, são as que independem do corpo estrutural em si, assim como da composição interna do concreto, ou de falhas inerentes ao processo de execução (RIPPER, 1998).

Quando não realizadas as atividades de manutenção em tempo hábil, definidas pelas inspeções rotineiras, especiais e extraordinárias, as anomalias tendem a evoluir, aumentando significativamente os custos de manutenção das regiões deterioradas.

A seguir, estão apresentadas as anomalias mais comuns observadas nos elementos das obras durante os trabalhos de inspeção.

3.1 Aparelhos de apoio

Aparelhos de apoio são elementos de transição —dispositivos instalados entre a superestrutura e a mesoestrutura ou, em alguns casos, diretamente entre a superestrutura e a infraestrutura— com intuito de transmitir os carregamentos, permitir os deslocamentos nos sentidos longitudinais e transversais e as rotações oriundas das deflexões nos tabuleiros (DNIT, 2004).

A Figura 1 mostra um desenho esquemático do posicionamento de aparelho de apoio de elastômero sob a superestrutura de ponte (seta).

ISBN: 978-85-65425-32-2

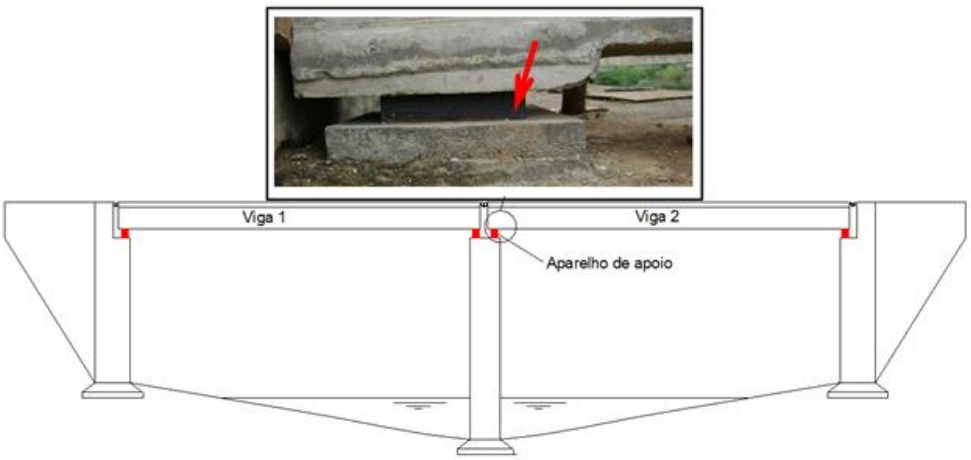


Figura 1 – Vista longitudinal de ponte com 2 tramos isostáticos - Detalhe da região do aparelho de apoio de elastômero

Os tipos de aparelhos de apoio podem ser de placas de chumbo, rolete metálico, freyssinet, elastômero fixo, elastômero com teflon deslizante, pot bearing, metálicos especiais e pêndulos.

As anomalias mais comuns observadas em aparelhos de apoio de elastômero, comumente utilizados na maioria das obras, são: danos na superfície da peça, detritos no seu entorno impedindo funcionamento adequado, escorregamento em relação às superfícies de contato, deslocamento da posição de projeto, rotações exageradas provocando concentração de carga em parte de seu corpo e folgas no contato com a superfície dos elementos estruturais. As Figuras 2 a 7 mostram alguns tipos de anomalias ocasionadas nesses tipos de aparelhos de apoio e as Figuras 8 e 9 mostram exemplos de outros aparelhos de apoio danificados constituídos por placas de chumbo.

Figura 2 – Aparelho de apoio de elastômero impedido de se movimentar, devido à presença de concreto no seu entorno

Figura 3 – Presença de detritos e concreto no entorno do aparelho de apoio de elastômero, impedindo o seu funcionamento adequado

Figura 448 – Aparelho de apoio com elastômero danificado

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Aparelho de apoio deslocado da posição de projeto, ocasionando concentração de carga somente de um lado

Figura 6 – Falta de aderência entre a viga longitudinal com o aparelho de apoio, provocando o deslizamento entre as interfaces dos materiais

Figura 7 – Rotações exageradas da viga longitudinal, provocando excentricidade no aparelho de apoio, com excesso de concentração de carga somente de um lado

Figura 8 – Aparelho de apoio de placa de chumbo deteriorado e viga apoiada de forma precária

Figura 9 – Aparelho de apoio de placa de chumbo seccionado

3.2 Juntas de dilatação

Juntas de dilatação são separações (fendas) entre partes da estrutura, as quais permitem a movimentação estrutural sem a transmissão de esforços entre os elementos separados, conforme está mostrado na Figura 10.

ISBN: 978-85-65425-32-2

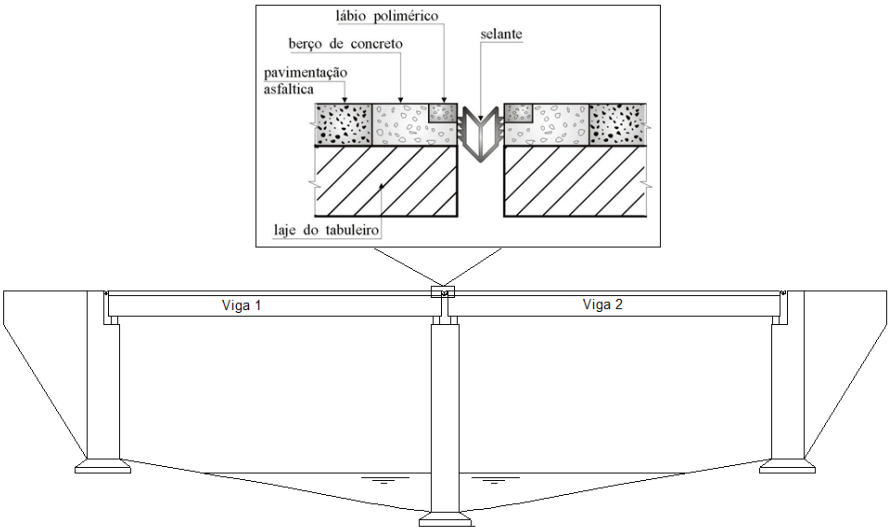


Figura 10 – Vista longitudinal de ponte com 2 tramos isostáticos - Detalhe da região de junta de dilatação com selante em material de elastômero

Os materiais das juntas podem ser de perfil extrudado de elastômero e cantoneira, perfil extrudado de elastômero e lábio polimérico, APJ (juntas asfálticas), monobloco, modular, dentada ou pente e selantes.

As anomalias mais comuns observadas nas juntas de dilatação são: material de elastômero da junta degradado permitindo a infiltração de água, presença de vegetação na fenda de dilatação, lábios poliméricos descolados, danos no berço de concreto de fixação do material de vedação das juntas e fenda de dilatação com detritos, impedindo a livre movimentação do tabuleiro (Figuras 11 a 19).

Figura 11 – Presença de vegetação na abertura da junta de dilatação

Figura 12 – Infiltração de água através da junta de dilatação

Figura 13 – Descolamento entre o material elastomérico da junta e o lábio polimérico

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 14 – Berço de concreto da região da junta danificado e preenchimento asfáltico provisório do local danificado

Figura 15 – Corrosão nas cantoneiras metálicas de proteção das bordas das juntas

Figura 16 – Barreira rígida invadindo a abertura da junta, prejudicando a movimentação e ausência de material de vedação da junta de dilatação

Figura 17 – Barreira rígida (guarda rodas) instalado sobre a junta de dilatação

Figura 18 – Junta de dilatação coberta com asfalto

Figura 19 – Junta de dilatação dentada com desnivelamento, provocando risco de acidente

3.3 Sistemas de drenagem

Segundo Vitório (2002) é importante que as obras de arte possuam sistemas adequados de escoamento da água das superfícies, como a drenagem natural, com inclinações nos sentidos transversais e longitudinais do tabuleiro, utilização de drenos próximos aos guarda-rodas das pistas de rolamento e drenos nas regiões dos passeios (Figuras 20 a 22). De acordo com Ripper (1998) também é importante que sejam previstas pingadeiras nas laterais dessas estruturas, para que a água não se acumule na face inferior das vigas e lajes de extremidade.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 20 – Acúmulo de água na região dos passeios, devido a caimentos inadequados

Figura 21 – Acúmulo de água sobre o tabuleiro devido à ausência de sistema de drenagem e escoamento adequado

Figura 22 – Tubulação de drenagem ineficaz, permitindo o escoamento das águas pela lateral da viga

3.4 Fissuras e trincas

As fissuras podem ser classificadas de duas formas: estáveis - ou passivas - e em movimentação - ou ativas. As fissuras passivas, quando chegam à sua máxima amplitude, estabilizam-se devido ao cessamento da causa que as geraram, como é o caso das fissuras de retração hidráulica ou das provocadas por um recalque diferencial de fundação que esteja estabilizado. As fissuras ativas são produzidas por ações de magnitude variável que provocam deformações também variáveis no concreto. É o caso das fissuras de origem térmica e das de flexão provocadas por ações dinâmicas (VITÓRIO, 2002).

Segundo Leonhardt (1979) os tipos de fissuras nas estruturas podem ser:

Cisalhamento - são fissuras inclinadas que surgem devido às tensões principais de tração originadas pelos esforços cortantes e se desenvolvem obliquamente em relação ao eixo da barra - Figura 23.

Flexão - são fissuras que começam no bordo tracionado de uma peça fletida e terminam na linha neutra - Figura 24.

Tração - são fissuras que atravessam toda a seção transversal da peça. Ocorrem nos casos de tração centrada ou tração com pequena excentricidade - Figura 25.

Torção - são fissuras inclinadas que surgem devido às tensões principais de tração originadas pelos esforços de torção e se desenvolvem obliquamente em relação ao eixo da barra - Figura 26.

Fissuras de convergência - dependendo da densidade de armadura, no caso de zonas de bordo fortemente armadas, tais como banzos de vigas fletidas ou peças espessas solicitadas à tração, apenas algumas fissuras (fissura de convergência) avançam em direção à linha neutra ou para o interior da peça, enquanto as demais fissuras ficam limitadas à região com armadura - Figura 27.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Fissuras intermediárias e fissuras de aderência - são as fissuras intermediárias finas, localizadas entre as fissuras que atravessam a zona armada e que, na maioria dos casos, atingem apenas a camada mais externa da armadura. Elas podem originar-se de fissuras superficiais iniciais ou de pequenas fissuras de aderência internas - Figura 28.

Microfissuras e fissuras na estrutura interna - fissuras muito finas e curtas, parcialmente na argamassa e parcialmente entre os agregados e a argamassa, na maioria visíveis apenas ao microscópio. Estas fissuras podem se formar devido a tensões intrínsecas ou devido a mudanças no fluxo das tensões internas.

Fissuras longitudinais ao longo das barras de armação - são causadas pela pega do concreto fresco ou pelo aumento de volume da barra da armadura devido à corrosão. Este tipo de fissura também ocorre devido à ação de uma tração transversal no caso de tensões de aderência elevadas (fissuras de fendilhamento) e podem avançar até a superfície da peça (no caso do espaçamento entre barras ser pequeno), mas podem também se desenvolver paralelamente à superfície, rompendo o cobrimento de concreto. As fissuras longitudinais surgem de preferência ao longo dos cabos de protensão grossos, com bainhas, quando o cobrimento de concreto for muito pequeno e as tensões de compressão longitudinais forem muito elevadas.

Fissuras superficiais ou fissuras em rede - são fissuras que se originam de tensões intrínsecas, provocadas por retração, carbonatação e/ou variação de temperatura, quando estes efeitos produzem tração na camada superficial. Tais fissuras podem aparecer em qualquer direção (fissuras em rede), ou também em uma direção aproximadamente paralela, quando uma das direções das tensões de tração for predominante. As fissuras se fecham com o desaparecimento das diferenças de temperatura e de retração e também muitas vezes pela entrada de umidade.

Figura 23 – Fissuras de cisalhamento.

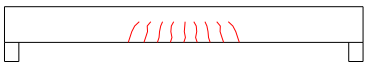


Figura 24 – Fissuras de flexão.

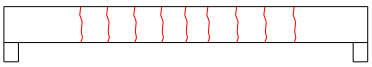


Figura 25 – Fissuras de separação, devido aos esforços de tração.

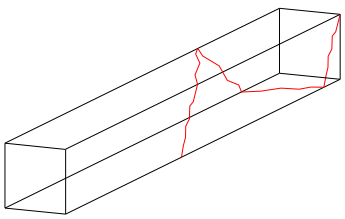


Figura 26 – Fissuras de torção.

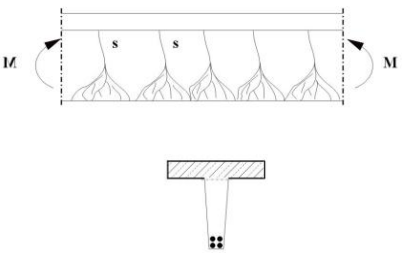


Figura 27 – Fissuras de convergência.

Fonte: LEONHARDT, 1979

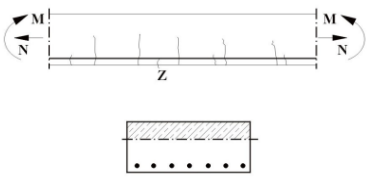


Figura 28 – Fissuras intermediárias.

Fonte: LEONHARDT, 1979

ISBN: 978-85-65425-32-2

Outros tipos de fissuras observadas nas OAE`s estão presentes nas articulações Gerber em vigas de pontes e viadutos, ocasionadas pelo mau dimensionamento das armaduras horizontais e de suspensão. A infiltração de água através das fissuras provoca a corrosão das armaduras, o que pode levar o dente Gerber à ruptura - Figura 29.

Fissuras nos cantos inferiores extremos das vigas ocasionada pela ausência de armadura no canto da viga, região submetida a altas tensões de compressão (VITÓRIO, 2002) – Figura 30.

Fissuras provocadas devido aos esforços de protensão nas regiões próximas as ancoragens – Figura 31.

Figura 29 – Fissuras inclinadas nos cantos da ligação Gerber

Figura 30 – Fissuras no canto da viga, na região sobre o aparelho de apoio

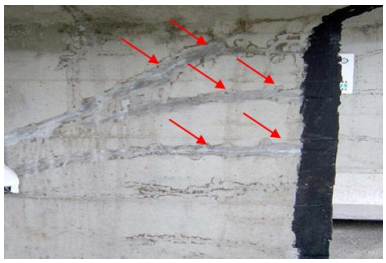


Figura 31 – Fissuras provocadas por protensão

3.5 Corrosões de armaduras do concreto armado e de estruturas metálicas

A maioria das pontes existentes no Brasil foi projetada com as normas técnicas disponíveis das décadas de 60 e 70, época esta em que não existia uma cultura de manutenção de pontes e viadutos, nem questões que abordassem aspectos de durabilidade das estruturas, como por exemplo, o uso de espessuras mínimas de recobrimento de concreto das armaduras dos elementos estruturais.

Uma vez que a espessura de cobrimento é insuficiente e com o aumento de volume da barra de armação, devido à corrosão, são geradas fissuras paralelas à superfície da peça que tendem a romper o cobrimento de concreto (Figuras 32 a 34).

A corrosão das armaduras também pode estar associada a redução do PH do concreto pelo processo de carbonatação, facilitando o ataque das armaduras. A velocidade de carbonatação do concreto depende da temperatura e umidade relativa do ar, porosidade e incidência de fissuras ou lixiviação no concreto e tipo de meio ambiente em que a obra está inserida.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 32 – Destacamento do cobrimento de concreto e armaduras expostas e corroídas em tabuleiro de ponte

Figura 33 – Destacamento do cobrimento de concreto e armaduras expostas e corroídas em tabuleiro de ponte

Figura 34 – Armaduras expostas e corroídas na região do encontro de ponte

Outros tipos de manifestações patológicas podem ser observados também nas estruturas de concreto armado, tais como segregação do concreto, lixiviação, entre outras.

A segregação do concreto consiste na separação dos materiais componentes, por vibração inadequada durante o adensamento, lançamento em alturas elevadas ou erro de detalhamento das armaduras com espaçamentos insuficientes entre as barras, retendo a brita e deixando passar apenas a argamassa, proporcionando o aparecimento de nichos ou bicheiras, afetando a durabilidade e resistência das estruturas de concreto (Figuras 35 a 37).

Figura 35 – Falha de concretagem devido ao excesso de armaduras, não permitindo a passagem do concreto na região inferior de viga de ponte

Figura 36 – Vibração inadequada do concreto, proporcionando nichos de concretagem

Figura 37 – Estaca metálica preenchida com concreto armado – Note-se corrosão e ruptura no tubo metálico e a presença de falha de concretagem no interior do elemento estrutural

A lixiviação é um processo físico consequente de uma reação química entre a cal hidrata e a presença de fluxo de água na estrutura, ocasionando a dissolução e transporte da cal hidratada (Figuras 38 e 39).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 38 – Processo de lixiviação em fissura localizada sob o tabuleiro de ponte

Figura 39 – Detalhe da lixiviação mostrada na Figura 38

3.6 Danos nos pavimentos

As Figuras 40 a 42 mostram alguns tipos de anomalias nos pavimentos rígidos e flexíveis de pontes, como pavimento de concreto e de asfalto danificados, apresentando fissuras, rachaduras e partes soltas.

Figura 40 – Pavimento rígido de concreto danificado, apresentando fissuras.

Figura 41 – Partes soltas do pavimento de concreto.

Figura 42 – Pavimento asfáltico de ponte danificado, apresentando fissuração e locais com partes soltas.

3.7 Danos em barreiras rígidas e guarda corpos

As barreiras rígidas devem possuir funcionalidade principal em manter a segurança dos veículos que transitam sobre a ponte, impedindo que estes sejam arremessados para fora das pontes e que, em caso de colisão, minimizem os riscos de danos às pessoas no interior dos veículos. Devem possuir resistência a choques de veículos, sem provocar a desaceleração brusca em caso de colisão e possibilitando o redirecionamento destes veículos para as suas faixas de rolamento, de maneira que não provoquem o risco de capotamento. As Figuras 43 a 45 mostram alguns tipos de anomalias em barreiras rígidas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 43 – Barreira rígida com destacamento de concreto nos locais com armaduras corroídas.

Figura 44 – Proteção lateral de concreto armado com danos no cobrimento de concreto.

Figura 45 – Trecho de ponte sem proteção lateral devido a uma provável colisão de veículo.

4. Conclusões

As patologias apresentadas nesse trabalho mostram a abrangência dos problemas detectados nas obras de pontes e viadutos nos trabalhos de inspeções. Salienta-se a importância dessas atividades para verificação das condições estruturais, funcionais e de durabilidade das estruturas de maneira a detectar em tempo hábil, as anomalias que venham a surgir ou que estão em desenvolvimento, fornecendo subsídios ao planejamento e execução dos trabalhos de manutenção e reduzindo custos com recuperação ou reforço estrutural.

Para possibilitar os trabalhos de inspeções, é necessário que haja condições visuais dos locais a serem inspecionados, principalmente em regiões de grande importância funcional e estrutural, como juntas de dilatação e aparelhos de apoio, muitas vezes localizados em regiões de difícil acesso, não permitindo a visualização e constatação de eventuais anomalias.

Quando não se realizam as inspeções e manutenções periodicas e adequadamente, as patologias existentes nas OAE`s podem se evoluir e provocar danos estruturais e funcionais, colocando em risco a segurança estrutural, as pessoas e os veículos que transitam sobre elas, além de todo um prejuízo econômico e social decorrente da proporção de um eventual acidente, interdições, lucros cessantes, etc.

Ainda há muito a ser feito em relação a políticas públicas com princípios voltados à gestão das obras de arte especiais no Brasil, cuja filosofia deveria se primar pela implantação de procedimentos sistemáticos de inspeções ao longo de toda a vida útil da estrutura, de modo que as atividades de manutenção sejam eficazes e viáveis sob os aspectos financeiros, estruturais, funcionais e de durabilidade.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências Bibliográficas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2014). NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2012). NBR 9452: Vistorias de pontes e viadutos de concreto. Rio de Janeiro.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2016). NBR 9452: Vistorias de pontes, viadutos e passarelas de concreto. Rio de Janeiro.

ARAUJO, C.J.R.V. (2014) Soluções inovadoras: vistoriando Obras de Arte Especiais. Notícias da construção, São Paulo: SindusCon, v.11, n.138, p. 60-62.

ARAUJO, C.J.R.V. (2017). Principais aspectos abordados na ABNT NBR 9452:2016 e a importância das condições de acesso às inspeções e das atividades de manutenção em pontes e viadutos. São Paulo: Revista IPT-Tecnologia e Inovação, v.1, n.5, mai.

ARTESP - Agência de transporte do estado de São Paulo. (2007). Controle das Obras de Arte Especiais (ET-00. 000.000-0-C21 / 002). São Paulo.

COZZA, Eric. (1997) Nó reatado: a recuperação das duas “pontes dos Remédios” (Norte e Sul), que incluiu nova protensão nos vãos hiperestáticos, tratamento de trincas e fissuras e reinjeção dos cabos originais, encerra um problema. Mas permanece aberta a discussão sobre as possíveis causas do processo de corrosão dos cabos protendidos da obra-de-arte, que liga os municípios de São Paulo e Osasco. (reportagem). Revista Técnhe. São Paulo: PINI, nº 30, p. 31-34, set/out.

DNIT - Departamento nacional de infraestrutura de transportes. (2004). Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido - Procedimento. Rio de Janeiro.

ESPAÑA. (2011). EHE-08: Instrucción de Hormigon Estructural. Madrid: Centro de Publicações, Ministerio de Fomento, 5. ed.

LEONHARDT, Fritz. (1979). Construções de Concreto – v.4 e v.6, Rio de Janeiro Interciência Ltda.,

RIPPER, T.; SOUZA, V. C. M. (1998). Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto. 1.ed. São Paulo: Pini,

ISBN: 978-85-65425-32-2

VITÓRIO, J. A. P. (2002). Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão. Recife, CREA-PE,

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

A INFLUÊNCIA DA NBR 15575:2013 NAS MUDANÇAS DE ABORDAGEM DAS PATOLOGIAS EM EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS

The Influence Of NBR 15575:2013 On Chances In Approach To Pathologies In Housing Construction

Bárbara M. C. CARNEIRO[1], **Carlos A. C. D'ÁVILA[2]**, Lilian L. LUIS[3]

[1] Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, magalhaesbarbara1@hotmail.com

[2]Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil,carlos.davila.pucminas@gmail.com

[3]Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Brasil, lilian_llz@hotmail.com

Resumo: Nos últimos anos a construção civil brasileira presenciou um aumento significativo na quantidade de edifícios residenciais entregues aos usuários. Entretanto, percebe-se que a qualidade destes não acompanhou tal ritmo de crescimento. O alto índice de ocorrência de patologias e a baixa durabilidade dos sistemas prediais, sobretudo em edificações de padrão popular, provocou a criação de uma polêmica norma de desempenho, a NBR 15575:2013. Nesse contexto, o presente artigo tem como objetivo destacar o papel dessa norma na prevenção e na identificação de patologias em edifícios residenciais, analisando as influências da mesma nas possíveis mudanças no modo de construção brasileiro e nas novas relações que devem ser estabelecidas entre construtores, projetistas e usuários. Além disso, apresenta-se um estudo de caso das manifestações patológicas de um prédio residencial e uma avaliação estatística das anomalias de edificações habitacionais com o intuito de comprovar a baixa durabilidade dos produtos entregues pela construção civil e a real necessidade de implantação imediata da norma de desempenho em todo processo construtivo das habitações brasileiras.

Palavras-chave: Desempenho; Durabilidade; Vida útil; Patologias.

Abstract: In recent years Brazilian civil construction has witnessed a significant increase in the amount of residential buildings delivered to users. However, it can be seen that their quality did not follow this growth rate. The high index of occurrence of pathologies and the low durability of the building systems, especially in buildings of popular standard, caused the creation of a controversial norm of performance, the NBR 15575: 2013. In this context, this article aims to highlight the role of this norm in the prevention and identification of pathologies in residential buildings, analyzing the influences of this in the possible changes in the Brazilian construction way and in the new relationships that must be established between constructors, designers and users. In addition, a case study of the pathological manifestations of a residential building and a statistical evaluation of the anomalies of

ISBN: 978-85-65425-32-2

residential buildings is presented, in order to prove the low durability of the products delivered by the civil construction and the real need for the immediate implantation of the norm of performance in all the constructive process of the Brazilian housing.

Keywords: Performance; Durability; Useful life; Pathologies.

1. Contextualização

Sistemas construtivos artesanais, ausência de compatibilização entre projetos, mão de obra com baixa ou nenhuma qualificação, profissionais com escolaridade de nível superior pouco capacitados, modularização dos edifícios visando produção em escala, porém sem garantia de qualidade ao final do processo. Estes são alguns dos problemas enfrentados pela Engenharia Civil brasileira e que constituem um grande entrave para a modernização nacional, ao passo que o setor da construção civil é um dos setores bases da economia de qualquer país.

Devido a esse contexto, o Comitê Brasileiro de Construção Civil elaborou uma norma de desempenho, titulada NBR15575: Edificações habitacionais - Desempenho, vigente desde o ano de 2013. Esta é definida, em próprio texto, como sendo um “conjunto de requisitos e critérios estabelecidos para uma edificação habitacional e seus sistemas com base nas exigências do usuário, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes”.

A criação dessa norma tem gerado polêmica entre os profissionais da área, dividindo opiniões a respeito da sua real necessidade e eficácia no processo construtivo. Aqueles contrários à mesma argumentam que a norma não oferece soluções diretas e, ao passo que fixa certos parâmetros de desempenho a serem atendidos pelas construtoras, aumenta os custos dos empreendimentos e, consequentemente, o preço final destes.

Já os profissionais que a defendem explicitam, entre outras ideias, a de que a norma pode provocar um maior desenvolvimento tecnológico dos métodos construtivos, ao passo que as construtoras deverão procurar alternativas de produzir com qualidade sem onerar demasiadamente seus custos, o que acarretaria diminuição em suas vendas.

Percebe-se, portanto, que a plena adoção da norma de desempenho durante todo o processo construtivo enfrenta, atualmente, muitos desafios não somente pela resistência dos profissionais envolvidos em adotá-las, mas também pelo total desconhecimento da mesma por um grande número dos profissionais da área, apesar de estar vigente há quatro anos. Além disso, percebe-se também que a maioria dos cursos de graduação não aborda o assunto com a importância requerida, o que agrava a situação da má capacitação dos profissionais disponíveis no mercado.

Nesse ponto, vale ressaltar ainda, uma mudança importante imposta pela norma de desempenho que refere-se aos direitos do consumidor, o que altera as relações de compra e venda dos edifícios. Agora, todos os profissionais envolvidos no processo construtivo (incorporadores, projetistas, fornecedores e construtores) podem ser responsabilizados, dentro do prazo de garantia e vida útil estabelecidos, pelo surgimento de qualquer patologia que anule ou diminua o desempenho dos sistemas prediais, considerando que o usuário tenha realizado o devido uso e manutenção desses.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Sendo assim, em casos de anomalias construtivas e falta de desempenho dos sistemas, usuários e profissionais da área terão parâmetros legais e técnicos para comprovar suas possíveis isenções no surgimento de patologias, o que facilita a atribuição de responsabilidades pelos problemas ocorridos em casos de perícias judiciais, por exemplo.

O fato é que, diferentemente de uma norma técnica, a norma de desempenho foca nas necessidades e exigências dos usuários das edificações. Enquanto a primeira prescreve critérios e requisitos que determinados produtos e procedimentos devem atender, baseada na consagração do uso desses, a segunda visa estabelecer parâmetros que ateste a funcionalidade dos sistemas durante o seu uso, ou seja, o desempenho dos mesmos.

Assim, percebe-se uma preocupação com o surgimento de patologias pós-obra, fato inédito na área da construção civil e que pode representar uma mudança, ainda que tímida, nos modos de projetar, de construir e de usar as edificações.

2. Referenciais Teóricos

Para estabelecer uma correta relação entre a Norma de Desempenho, a prevenção e a identificação de patologias é necessário, primeiramente, compreender alguns termos introduzidos pela NBR 15575:2013. Assim, a seguir será apresentada uma breve discussão sobre o que consideram-se “conceitos-base” dessa norma.

2.1 Desempenho

Definido como o “comportamento em uso da edificação e seus sistemas”, o conceito de desempenho está diretamente ligado a não ocorrência de patologias. Pode-se afirmar que um dos grandes avanços trazidos pela NBR 15575:2013 foi a defesa da ideia de que, independentemente do sistema construtivo adotado, dos materiais empregados e do padrão da edificação, os sistemas do edifício devem atender a níveis de desempenhos pré-determinados antes mesmo da fase projetual, o que interferirá em todas as decisões e escolhas dos envolvidos no processo construtivo. Esses níveis de desempenho são divididos pela norma em mínimo, intermediário e superior, e definem a vida útil dos sistemas.

2.2 Vida Útil de Projeto (VUP)

É uma estimativa de tempo para o qual um determinado sistema é projetado. Durante esse período, supõe-se que esse sistema atenderá aos requisitos de desempenho estabelecidos pela NBR 15575:2013 e aos critérios prescritos pelas normas técnicas a ele aplicáveis. Para isso, supõe-se, ainda, que o mesmo passará por todas as ações de manutenção que necessitar ao longo do seu uso, função atribuída aos usuários das edificações.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.3 Vida Útil

É o tempo em que determinada edificação e seus sistemas executarão as funções para as quais foram projetados e construídos, desde que se considere, segundo NBR 15575:2013, "a periodicidade e a correta execução dos processos de manutenção." Em outras palavras, é o tempo no qual não há existência de patologias que anulem a função dos sistemas construtivos e impossibilitem seu uso. A Norma de Desempenho cita ainda alguns fatores que podem interferir na vida útil de uma edificação, entre eles: vida útil de projeto, características dos materiais empregados, qualidade da execução dos sistemas, uso correto dos sistemas, ações constantes de manutenção e as mudanças no entorno do local de implantação da obra ao longo do tempo.

2.4 Exigências dos usuários

Como já dito anteriormente, a norma de desempenho é baseada nas necessidades físicas e psicológicas dos usuários em relação ao produto que adquiriram. Em seu texto, a NBR 15575:2013, define como exigências do usuário os seguintes fatores:

- Segurança: compreendida sobre os aspectos de uso, operação, estrutural e contra o fogo.
- Habitabilidade: entende-se que para ser habitável, uma edificação e seus sistemas precisam garantir o mínimo de estanqueidade, de desempenho térmico, acústico e luminico, de higiene, de funcionalidade e de acessibilidade.
- Sustentabilidade: entendida sobre os aspectos ambientais e aspectos de durabilidade e de manutenibilidade.

3. Estruturação da NBR 15575:2013

Vale dizer que não é o objetivo deste trabalho detalhar o conteúdo da Norma de Desempenho e sim relacionar esse com as prováveis mudanças na abordagem de patologias de edificações habitacionais. Sendo assim, destaca-se agora uma breve descrição a respeito da estruturação do texto da mesma, a fim de propiciar melhor abordagem do assunto.

A Norma de Desempenho é dividida em seis partes, sendo a primeira relativa aos requisitos gerais e as outras cinco aos sistemas que compõem uma edificação, sendo eles: estrutura, pisos, vedações verticais, coberturas e instalações hidrossanitárias.

Nesse ponto, é válido ressaltar que apesar de tratar cada sistema separadamente em seu texto, um dos marcos da Norma de Desempenho é a defesa da ideia de que um edifício deve ser resultado da total integração de seus subsistemas que, apesar de possuírem características próprias, devem ser compatibilizados de maneira sistemática.

Assim, conclui-se que a qualidade de um subsistema depende diretamente do desempenho daquele executado anteriormente. Compatibilização pode ser considerada a palavra-chave para tal e é, paradoxalmente, um dos maiores desafios encontrados pela construção brasileira atualmente.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Em cada parte, portanto, a norma trata de como deve ser avaliado o desempenho de cada sistema, considerando obviamente as peculiaridades destes.

4. Estudo de Caso

4.1. Características do edifício

O edifício deste estudo está localizado na cidade de Belo Horizonte em um bairro predominantemente estudantil. O prédio foi entregue pela empresa construtora em 1982. É constituído por três andares com quatro apartamentos em cada um, além do pavimento térreo de garagem e do subsolo, onde existem áreas individuais destinadas para depósito.

As principais manifestações patológicas dos pilares, vigas e lajes concentram-se nas áreas do térreo e do subsolo. Houve a realização de inspeção visual em um dos apartamentos, porém não foram detectadas patologias.

Segundo informações concedidas pela síndica, moradora do prédio desde a entrega do empreendimento pela construtora, o edifício foi completamente reformado no início dos anos 90. Porém, a última intervenção reparadora no prédio ocorreu devido aos problemas hidráulicos, em 2014.

Figura 1 – Vista externa da edificação

Fonte – Os Autores, 2017.

4.2. Levantamento das patologias observadas

Durante a vistoria foram detectadas anomalias nos elementos estruturais e nas fachadas interna e externa, tais como citadas a seguir:

- Lajes: desagregação, exposição e corrosão da armadura, eflorescência.
- Vigas: fissuração, desagregação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Pilares: exposição e corrosão da armadura, segregação, desagregação/ desplacamento e porosidade do concreto.
- Fachada: desplacamento, manchas e fissuras.

As causas das manifestações patológicas estão vinculadas aos inúmeros fenômenos, dentro dos quais podem-se destacar: cargas excessivas, variação de umidade, incompatibilidade de materiais, agentes atmosféricos, entre outros.

4.2.1 Lajes

Nas lajes foi possível observar alteração típica na superfície do concreto, como coloração superficial alterada, destacando-se manchas esbranquiçadas e eflorescência, como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Vista da laje do subsolo do edifício vistoriado

Fonte – Os Autores, 2017.

A eflorescência é uma patologia muito comum nas estruturas de concreto, sendo ocasionada pela presença de sais acumulados sobre as superfícies das alvenarias. O aspecto é variavel de acordo com o tipo de sal depositado. Normalmente, a eflorescência é ocasionada pela combinação de três fatores:

- Teor de sais solúveis existentes nos blocos, tijolos e/ou argamassa de assentamento ou revestimento.
- Presença de água para dissolver e carrear os sais solúveis até a superfície da alvenaria.
- Pressão hidrostática ou evaporação, de modo a produzir a força necessária para a solução migrar para a superfície.

Outra anomalia observada na laje foi a corrosão da armadura. Esta é um processo eletroquímico que necessita da presença simultânea de umidade e de oxigênio. A permeabilidade do concreto, devido à alta relação água/cimento e dosagem inadequada, e a falha na elaboração do projeto estrutural e/ou na execução da obra, quando não garantem

ISBN: 978-85-65425-32-2

os cobrimentos das armaduras normalizados, constituem as principais causas de corrosão das armaduras.

4.2.2 Vigas

Nas vigas do edifício vistoriado destacam-se as fissurações e desagregações. As fissuras são patologias frequentes nas estruturas de concreto, porém, as causas em muitas situações não são identificadas com facilidade, requerendo, assim, um conhecimento amplo no ramo para a aplicação dos procedimentos adequados de correção.

As fissuras em vigas, como mostradas na Figura 3, podem surgir devido aos seguintes fatores: movimentação térmica, sobrecargas, deformações excessivas da estrutura, recalques de fundação e alterações químicas dos materiais, como a corrosão das armaduras, por exemplo.

Segundo Vitório (2013),a desagregação é causada na maioria das vezes pela expansão devido à oxidação ou dilatação das armaduras, e também pelo aumento de volume do concreto quando este absorve água ou devido às movimentações estruturais e choques.

Figura 3 – Vista da viga com fissuras

Fonte – Os Autores, 2017.

4.2.3 Pilares

As patologias nas estruturas de concreto armado no edificio estudado se manifestaram de forma evidente nos pilares. Os principais problemas encontrados foram exposição e corrosão das armaduras, segregação, desagregação e desplacamento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Na figura 4, pode-se observar a segregação da peça estrutural. Esse tipo de patologia representa a separação entre os elementos de concreto – a brita e a argamassa – logo após o lançamento.

Além disso, pode-se destacar a corrosão das armaduras. Neste caso, a porosidade do concreto, a existência de trincas e a deficiência no cobrimento fazem com que a armação seja atingida por elementos agressivos, acarretando a sua oxidação. Segundo Vitório (2013), a parte oxidada aumenta o seu volume em cerca de aproximadamente oito vezes e a força da expansão expele o concreto do cobrimento, expondo totalmente a armadura à ação agressiva do meio. A continuidade desse fenômeno acarreta a total destruição da armação. O número de pilares com armadura exposta no edifício vistoriado foi alarmante.

Figura 4 – Vista do pilar do subsolo

Fonte – Os Autores, 2017.

O desplacamento também foi uma patologia identificada, como mostrado na Figura 5. Esse tipo de anomalia ocorre devido a superfície de contato da camada inferior apresentar placas frequentes de mica e o uso de argamassa muito rica em cimento ou muito espessa. Além disso, a placa pode mostrar-se quebradiça, desagregando com facilidade, o que ocorre devido à utilização de argamassa magra e ausência da camada de chapisco. Assim, para ambos os casos, faz-se necessário à renovação do revestimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Vista do pilar da garagem

Fonte – Os Autores, 2017.

4.2.4 Fachada

As anomalias de fachada são consideradas um dos problemas mais recorrentes e preocupantes na construção civil. Infelizmente, é comum o aparecimento de fissuras, manchas, bolores, deslocamento de placas e infiltrações nas fachadas.

De acordo com Bauer (1996), as falhas que ocorrem no revestimento podem ser causadas por deficiência de projeto, desconhecimento das características dos materiais utilizados e/ou emprego de material inadequado, erro de execução, deficiência de mão de obra, e ainda desconhecimento ou não observância de normas técnicas e problemas de manutenção. No edifício vistoriado foi possível acompanhar com mais precisão as patologias citadas.

4.2.4.1 - Fachada externa

Na fachada externa do edifício, as manchas foram identificadas principalmente próximas às janelas, conforme mostrado na Figura 6.

Foi observado que os peitoris das janelas não possuem pingadeiras. Essas, são detalhes construtivos, que tem como função “desviar” a linha d’água, evitando assim, que essa água não percorra pela altura do edifício, depositando sujeira e gerando manchas pela fachada.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6 – Vista da laje do subsolo do edifício vistoriado

Fonte – Os Autores, 2017.

4.2.4.1 - Fachada interna

Na fachada interna, pode-se observar a presença de fissuras mapeadas, como mostrado na Figura 7. Estas são distribuídas sobre toda a superfície do revestimento em monocamada e, também, pode ocorrer deslocamento em placas. Além disso, caracteriza-se também pela fácil desagregação. A principal causa é a retração da argamassa por excesso de finos de agregados, cimento como único aglomerante e água de amassamento.

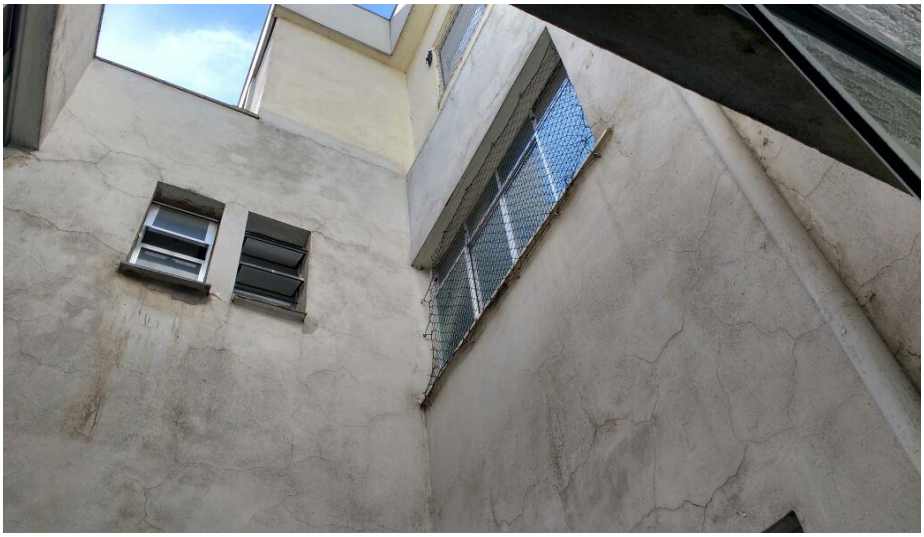


Figura 7 – Vista da laje do subsolo do edifício vistoriado

Fonte – Os Autores, 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.3 Levantamento estatístico em outras edificações

Com o intuito de avaliar a incidência das patologias em edifícios residenciais foi realizado um levantamento estatístico através de respostas a um questionário e inspeção visual das estruturas prediais. O questionário era composto por itens como: número de pavimentos, sistema estrutural, vida útil, histórico da estrutura (referente às anomalias anteriores e reformas) e anomalias atuais.

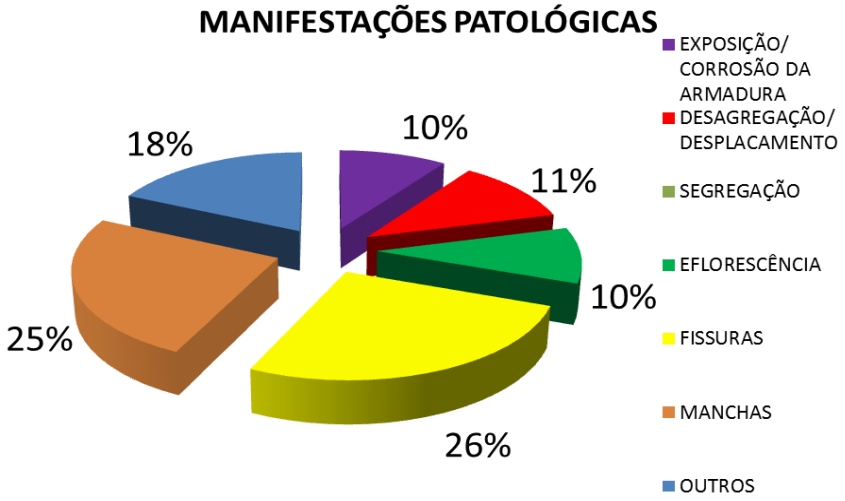
A escolha dos edifícios inspecionados baseou-se em alguns critérios, tais como:

- Realizar inspeções nas adjacências da edificação do estudo de caso apresentado anteriormente e em edifícios de regiões distintas da cidade de Belo Horizonte;
- Diversidade de vida útil das edificações;
- Características semelhantes ao edifício do estudo de caso, no que diz respeito ao número de pavimentos e sistema estrutural.

A partir do questionário e da escolha das unidades foram realizadas vinte e cinco inspeções. Vale ressaltar que em dois edifícios não foi permitida a entrada para realizar este trabalho.

O Gráfico 1 apresenta a incidência das anomalias observadas.

Gráfico 1 – Manifestações patológicas nos edifícios levantados na pesquisa

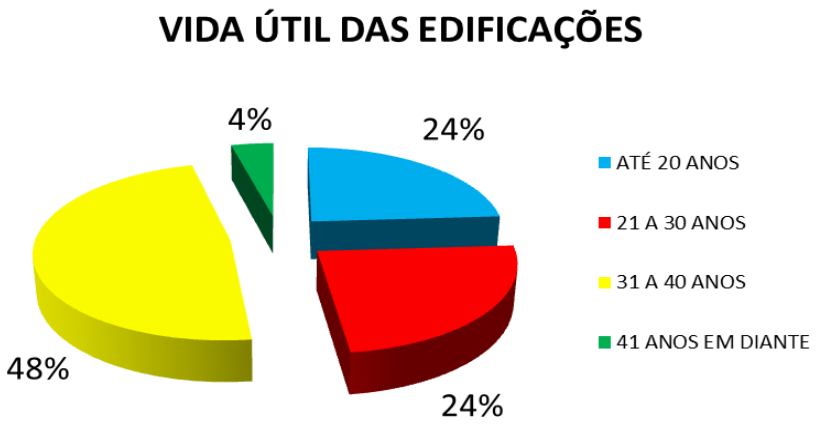


Fonte – Os Autores, 2017.

O Gráfico 2 apresenta o percentual em uma faixa de vida útil das 25 edificações inspecionadas. Cabe salientar que a média de vida útil das edificações foi de 29 anos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Gráfico2 – Vida útil das edificações levantadas na pesquisa



Fonte – Os Autores, 2017.

5. Discussões dos Resultados

Após a análise dos gráficos apresentados anteriormente, verifica-se que a maior parte das edificações inspecionadas apresenta fissuras e manchas. Como já dito anteriormente, as principais causas das fissuras referem-se à retração e dilatação, contrações higrométricas, deficiência na dosagem e execução da argamassa, espessura inadequada do revestimento e concentração de tensões. Já as manchas estão associadas à presença de umidade, que por sua vez origina-se da chuva.

Percebeu-se que a vida útil do edifício é diretamente proporcional ao número de patologias encontradas, pois grande parte das unidades analisadas passou por um número reduzido de reformas e/ou reparos ao longo de sua vida útil.

Por fim, o estudo de caso do edifício residencial vistoriado e o levantamento estatístico das ocorrências de patologias nas edificações comprovaram, ainda, o quão grave é a ausência de ações de manutenção. Observou-se que em muitos prédios tais patologias não eram superficiais, comprometendo os elementos estruturais e, consequentemente, a segurança dos usuários. Diante de tal situação, acredita-se que essa evolução patológica poderia ser evitada caso houvesse a conscientização dos usuários em relação às práticas de manutenção, o que acarretaria em intervenções mais simples e menos onerosas.

6. Conclusões

Com os estudos apresentados nesse trabalho, procurou-se atestar a necessidade de implantação da Norma de Desempenho no processo construtivo dos edifícios habitacionais, o que evitaria a ocorrência de manifestações patológicas. Como foi observado no levantamento estatístico, a maioria dos edifícios habitacionais apresentam patologias graves antes mesmo da metade da vida útil para os quais foram projetados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A NBR 15575:2013 não é aplicável à construção e nem a possíveis reformas das edificações estudadas, mas o levantamento das patologias das mesmas serviu para comprovar a real necessidade de mudanças no modo de projetar, de construir e de usar as habitações, a fim de garantir o desempenho dos sistemas prediais durante toda a vida útil estipulada. Pode-se afirmar, então, que a Norma de Desempenho é um início legítimo para tal.

Espera-se que a adoção da NBR 15575:2013 provoque um aumento na conscientização de todos os profissionais envolvidos no processo construtivo a cerca dos aspectos relativos às suas responsabilidades na prevenção de patologias e, consequentemente, na melhoria do desempenho dos sistemas prediais. Espera-se ainda, usuários mais conscientes dos seus deveres e direitos como consumidor de uma edificação, já que esta, após vigência da NBR 15575:2013, deve ser entendida obrigatoriamente como um produto que necessita de manutenções e de funcionamento integrado de seus subsistemas.

Assim, pelas considerações apresentadas nesse estudo, conclui-se que a NBR 15575:2013 se incorporada efetivamente em todo o processo construtivo tem condições de garantir edificações executadas com maior qualidade e auxiliar não somente na prevenção de patologias, mas também na identificação das causas patológicas e dos responsáveis pelas anomalias, o que facilita a correção das mesmas e a devolução do desempenho da edificação.

Agradecimentos

A Evane Brandão, sindica do edifício vistoriado, e aos demais moradores pela compreensão e confiança na execução das visitas. A todos os sindicos dos edifícios inspecionados no levantamento estatistico por permitirem a realização do mesmo. Ao professor do curso de Engenharia Civil da PUC Minas, Ricardo Resende, pelo fornecimento de materiais para pesquisa e esclarecimentos técnico sobre a norma de desempenho. Por fim, aos profissionais Cássio Tadeu Alvarenga e Filipe Siqueira Mazzaro pela total contribuição prestada na execução deste trabalho.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15575:2013 –Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro – Brasil.

BAUER, Roberto José Falcão. Revestimentos: falhas em revestimentos. Apostila. [S.l.]: Centro Tecnológico de Controle de Qualidade L. A Falcão Bauer, 1996. 75f.

CBIC. Guia Orientativo para Atendimentoda Norma ABNT NBR 15575/2013. Abril 2013. Disponível em:<http://www.cbic.org.br/arquivos/guia_livro/Guia_CBIC_Norma_Desempenho.pdf>.Acesso em: 15 jun. 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tecnico Edifica. Patologias em concreto armado. Abril 2014. Disponível em: <http://tecnicoedifica.blogspot.com.br/2014/04/patologias-em-concreto-armado.html>. Acesso em: 15 jun. 2017.

VITÓRIO, Afonso. Fundamentos da Patologia das Estruturas nas Perícias de Engenharia.Novembro 2013. Disponível em:<http://vitorioemelo.com.br/publicacoes/Fundamentos_Patologia_Estruturas_Pericias_Engenharia.pdf> Acesso em: 15 jun. 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NA PONTE SOBRE O RIO SAMPAIO – ATALAIA/PA

Pathological Manifestations On The Bridge Over The Sampaio River - Atalaia / PA

Verissa QUEIROZ[1], **Felipe** OLIVEIRA[2], **Victória** REIS[3]

[1] Univerisade Federal do Pará, Belém, Pará, verissa_qz@hotmail.com

[2] Univerisade Federal do Pará, Belém, Pará, fp.ramos.oliveira@gmail.com

[3] Univerisade Federal do Pará, Belém, Pará, reisvictoria.vdr@gmail.com

Resumo: O presente trabalho busca analisar a evolução das patologias observadas na meso e superestrutura da ponte sobre o rio Sampaio, utilizando técnicas de detecção e inspeção por meio de ensaios não destrutivos e comparando os resultados encontrados entre a análise obtida nesta pesquisa e as obtidas por meio de relatório de patologia, realizado previamente ao primeiro reforço. Além disso, buscou-se verificar se as intervenções feitas até o momento estão sendo satisfatórias, visto a notável presença de inúmeras fissuras ao longo da ponte em estudo. Diante dos resultados, são apresentados possíveis medidas para recuperação e reforço a fim de evitar o agravamento da deteriorização e corrosão das armaduras.

Palavras-chave: Ponte, concreto armado, patologias, ensaios não destrutivos, reforço.

Abstract: The present article aims to analyze the evolution of pathologies observed at the meso and superstructure of the bridge over the Sampaio river, using detection and inspection techniques through non-destructive testing and comparing the results found between the analysis obtained in this research and those obtained through a pathology report performed prior to the first reinforcement. It also objectives to verify if the interventions made to date are being satisfactory, given the remarkable presence of numerous cracks along the bridge under study. In view of the results, possible recovery and reinforcement measures are presented in order to avoid increase of the deterioration and corrosion of the reinforcement.

Keywords: Bridge, reinforced concrete, pathology, non-destructive testing, reinforcement.

1. Introdução

Salinópolis, localizada no Nordeste do estado do Pará (-00º36'49"N, 47º21'22"W), é o balneário mais visitado da região, devido a sua posição privilegiada às margens do Oceano Atlântico. Com população de 37.430 habitantes (IBGE/2010), a cidade chega a receber

ISBN: 978-85-65425-32-2

cerca 280.000 de pessoas, devido sua intensa atividade turística no período de veraneio. Localizada em uma ilha homônima, a praia do Atalaia é a mais movimentada de Salinas, contando com a presença de grandes redes de hotéis e locais públicos propícios ao lazer. A região insular da cidade de Salinópolis é acessada quase exclusivamente por meio de automóveis.

A Ponte Sobre o Rio Sampaio é a única estrutura que permite acesso rodoviário (PA-444) à ilha do Atalaia. Desde sua construção, em meados da década de 1970, seu tráfego de veículos cresce de forma exponencial, devido tanto ao aumento da frota brasileira de automóveis quanto a intensificação da atividade turística da região.

Nesse sentido, este trabalho tem a finalidade de identificar os principais danos estruturais e as manifestações patológicas atualmente existentes, realizando as análises das informações obtidas e diagnosticando as avarias observadas, de modo a contribuir, por meio das conclusões e recomendações, para o restabelecimento das condições estruturais e funcionais adequadas através da correção dos danos observados, garantindo ainda uma maior durabilidade. O trabalho também propõe a elaboração de um plano de manutenção para garantir um melhor desempenho dos serviços de recuperação e reforço que venham a ser executados.

2. Referencial teórico

2.1 Mecanismos de deterioração e manifestações patológicas no concreto

As manifestações patológicas são consequências dos mecanismos de deterioração das estruturas. Na análise de uma estrutura danificada, conhecer as causas patológicas é indispensável, visto que, além de um correto tratamento, é necessário que se garanta a minimização da patologia pós-recuperação (SARTORTI, 2008). Segundo Helene (2003), entende-se por patologia a parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos danos das obras civis, visando o diagnóstico do problema.

O concreto armado tem uma estrutura complexa e heterogênea e é sujeito a diversas alterações ao longo de sua vida útil, em função das interações tanto entre seus próprios constituintes como pelos fatores externos os quais é submetido. As interações que resultam em anomalias que comprometem seu desempenho podem ser classificadas como mecanismos de degradação do concreto. Estes mecanismos são todos aqueles relacionados às ações mecânicas, movimentação de origem térmica, impactos, ações cíclicas de deformação lenta (fluência), relaxação entre outros (HELENE, 1997).

2.1.1 - Ataque por sulfatos e cloretos.

Tais fenômenos são comuns em obras presentes em ambientes de orlas marinhas. Os sulfatos estão presentes no próprio concreto, água do mar e solo e a deterioração provocada pelo mesmo se deve a sua ação expansiva. Segundo Aguiar (2006), todos os sulfatos são potencialmente danosos ao concreto, reagindo com a pasta de cimento hidratado. No ataque, os íons sulfatos reagem principalmente com o hidróxido de cálcio

ISBN: 978-85-65425-32-2

Ca(OH)2 e o aluminato tri-cálcico C3A, originando a etringita e o gesso. Esta formação expande-se, exercendo pressão e desintegrando a pasta de cimento.

No caso dos cloretos, a velocidade da penetração depende da abertura das fissuras e da qualidade do concreto, visto que a concentração de cloretos capaz de corroer a armadura está diretamente ligada ao ph do mesmo. De acordo com Figueiredo (2005), um concreto impermeável e com cobrimento adequado protegem a armadura formando tanto barreiras físicas à penetração de agentes agressivas quanto químicas por meio de um ph alcalino.

2.1.2 - Carbonatação.

O CO2 presente na atmosfera combina-se com as bases do cimento hidratado, resultando compostos com pH mais baixos. O CO2 penetra da superfície para o interior, visto que a carbonatação inicia-se na superfície do concreto e penetra lentamente para seu interior. Ressalta-se que tal fenômeno está relacionado principalmente á qualidade do cobrimento conferido à peça e sua velocidade é função da difusão de CO2 no concreto, umidade relativa, tempo, relação a/c, tipo de cimento, permeabilidade do concreto e cura. A carbonatação é um dos mecanismos mais frequentes de deterioração do concreto armado e está diretamente associado a corrosão das armaduras, sendo assim a realização do ensaio de carbonatação é de extrema importância para avaliação das condições estruturais das pontes e viadutos de concreto armado. (CAPRARO. A.P. *et al*, 2015)

2.1.3 – Corrosão das armaduras.

O concreto apresenta um meio altamente alcalino, o que resulta num ambiente passivo para a armadura, o que impede o contato com a superfície metálica. O ambiente ao deixar de ser passivo, possibilita o ataque por cloretos e a diminuição da alcalinidade do concreto, esta ultima por carbonatação. Os óxidos expansivos gerados pela corrosão ocupam um volume consideravelmente maior que o volume do aço original, o que gera tensões internas de tração cuja presença é extremamente desfavorável ao concreto. Tal fenômeno causa fissuras e destacamento das camadas de cobrimento, cuja qualidade normalmente já se encontra comprometida por falhas de execução, facilitando a entrada de agentes agressivos (ANDRADE, 1992). Além das deficiências construtivas no que tange o cobrimento, outras causas da corrosão das armaduras são ações erosivas contínuas devido a fenômenos climáticos e deformações por impactos ou por o ataque de óxido.

2.1.4 – Desagregação.

É a deterioração, por separação de partes do concreto, provocada, em geral, pela expansão devido à oxidação ou dilatação das armaduras, e também pelo aumento de volume do concreto quando este absorve água. Pode ocorrer também devido às movimentações estruturais e choques. A segregação consiste na separação da argamassa e do agregado graúdo logo após seu lançamento. Suas causas podem ser a ausência ou perda de recobrimento nas armaduras, impermeabilização incorreta ou ruptura do material vedante, concretagem com temperaturas extremas do ambiente, vibração insuficiente do concreto,

ISBN: 978-85-65425-32-2

má qualidade do concreto, percolação de água, contaminação de agregados e eventual presença de microrganismos. (TEJEDOR, 2013).

2.1.5 – Ataque por agentes biológicos.

A pedra britada colocada no interior dos tubulões, que irá constituir o agregado graúdo do concreto, apresenta em seu conjunto, enorme superfície favorável à fixação de larvas. Os incrustadores têm como grande representante as cracas que aumentam a resistência da passagem da água na superfície da peça (SARTORTI, 2008).

2.1.6 – Fissuras.

As fissuras ocorrem sempre que tensões ativas superam sua resistência ultima à tração. Sua classificação depende de sua origem, intensidade e magnitude. Suas causas podem ser intrínsecas – retração plástica do concreto, assentamento plástico de concreto, movimentações de fôrmas e outros fatores construtivos – ou extrínsecas – variações térmicas, sobrecargas, corrosão das armaduras, reação álcali-agregado, ataque de sulfatos entre outros).

2.2 Classificação de danos em pontes de concreto armado

Tanto a American Concrete Institute (ACI) quanto o RILEM apresentam modelos de classificação e tipificação dos danos em pontes levando em conta o formalismo usado para a estrutura das obras de arte (DURAR, 1988).

2.2.1 – Superestrutura

2.2.1.1 – Danos nas juntas de dilatação e encontros

Um dos problemas mais comuns em pontes é a necessidade de isolamento das lajes a qual resultou na existência de juntas que atenuam os efeitos de temperatura e retração, diretamente ligados às ações dinâmicas na região do tabuleiro.

Segundo Radomski (2001) a água que escorre pelas juntas pode comprometer não só a superestrutura (vigas longarinas) como também a infraestrutura. Além disso, no caso de pontes de concreto protendido, ainda tem-se o risco de oxidação das cabeças das cordoalhas por meio de infiltração ocasionando a perdão de tensão nos cabos. Deve-se sempre certificar que na junta não ocorre infiltração de agua e sólidos.

2.2.1.2 – Drenagem

O sistemas de drenagem tem como finalidade a remoção de águas pluviais da pista (DNIT 2004). A permanência de água durante a vida útil da ponte ocasiona infiltração através das fissuras do pavimento e da laje, podendo causar lixiviação e consequentemente

ISBN: 978-85-65425-32-2

eflorescência. O projeto geométrico da ponte deve prever tais fenômenos ao considerar declividades longitudinais e sobrelevações adequadas de modo que a drenagem possa ocorrer naturalmente (MELQUÍADES, 2011).

2.2.1.3 – Pavimentação

É função do pavimento da ponte, suportar as pistas de rolamento por onde o tráfego deve fluir livremente e com segurança promovendo a transferência de cargas de veículos para os elementos estruturais da mesma (DNIT, 2010).

O tipo de pavimento comumente usado é de asfalto devido a vantagens como fácil aplicação e substituição. Entre as desvantagens está na facilidade na qual seus componentes podem ser carregados através das fissuras. Uma solução para essa deficiência é a construção de canaletas no tramo (DNIT, 2004).

2.2.1.4 – Lajes

Devido suportar o tráfego, muitas vezes intenso, de veículos as lajes acabam fissurando com o tempo, o que permite a passagem de água pluvial. Em decorrência da infiltração, manchas de umidade e lixiviação aparecem nas superfícies inferiores das mesmas. Além disso, a massa lixiviada reage com o dióxido de carbono formando carbonato de cálcio, mais conhecido como eflorescência.

2.2.1.5 – Vigas longarinas e transversinas

A maioria das pontes moldadas *in loco* apresentam vigas longitudinais em seção “T”, as quais são monoliticamente ligadas às lajes, podendo ser isostáticas ou contínuas, de dois ou mais vãos (MELQUÍADES, 2011). As vigas longarinas podem apresentar fissuras de flexão, por meio de tensões internas de tração.

Segundo Lencioni (2005), os principais danos encontrados nas vigas transversinas são fissuras, derivadas de efeitos dinâmicos por retração hidráulica do concreto. As patologias nesse elemento são relacionadas à fase construtiva da obra-de-arte.

2.2.2 – Mesoestrutura

São elementos presentes da mesoestrutura os encontros, aparelhos de apoio e pilares. De acordo com Aguiar (2006), encontros expostos a ambientes pantanosos são atacados por água contendo CO2 livre, podendo registrar áreas com leve lixiviação decorrente da chuva ácida em rios contaminados. Fissuras por sobrecarga, impacto de veículos e retração hidráulica também são comuns.

Entende-se por elemento de apoio um dispositivo que faz a transição entre superestrutura, mesoestrutura e infraestrutura, o qual transmite cargas da superestrutura para a mesoestrutura, permite os movimentos longitudinais da superestrutura devido efeitos

ISBN: 978-85-65425-32-2

térmicos, expansão e retração e possibilita rotações por deflexões causadas pelas cargas móveis e permanentes (DNIT 2004). Os aparelhos metálicos oxidam rapidamente quando não recebem a manutenção adequada; os confeccionados em chumbo esmagam rapidamente.

Segundo o DNIT (2010), além dos danos já anteriormente mencionados, existem patologias que acontecem propriamente em pilares. No caso dos pilares do tipo pilar-parede (com 2 ou 3 apoios), observa-se o aparecimento de trincas de tração no topo, em virtude da carga na extremidade, vazamento através das juntas e trincas ao longo do próprio concreto, normalmente devido baixas taxas de armadura.

Nos pilares isolados com travessa de ligação (normalmente presentes na parte central das pontes de tramo contínuo) ocorre vazamento sobre a travessa de ligação, trincas longitudinais causadas por corrosão na armadura, delaminação do cobrimento de concreto e trincas causadas por sobrecarga na travessa (RADOMSKI, 2001). Além disso, tem-se os danos de estabilidade e prumo os quais podem ser causados por colapso da fundação ou fixação defeituosa da base do pilar.

2.2.3 – Infraestrutura: Fundações

As fundações podem ser profundas ou superficiais mas são comumente enterradas (DNIT, 2004). Estas podem apresentar instabilidade, erosão e falência dos materiais. Recomenda-se que sejam revestidas por camisas de concreto, para que se evite a ação prejudicial do entorno alagado.

3. Metodologia

3.1 Inspeção visual

A primeira etapa para avaliação da condição estrutural da ponte em estudo consistiu no levantamento das suas características, com recuperação das plantas originais de projeto e relatórios de inspeção anteriores, para verificar a evolução das patologias encontradas em vistorias anteriores. As peças da super e mesoestrutura foram identificadas de acordo com as convenções adotadas em relatórios anteriores, considerando como referência o lado da cidade de Salinópolis para início da enumeração das peças, conforme mostrado na figura abaixo.

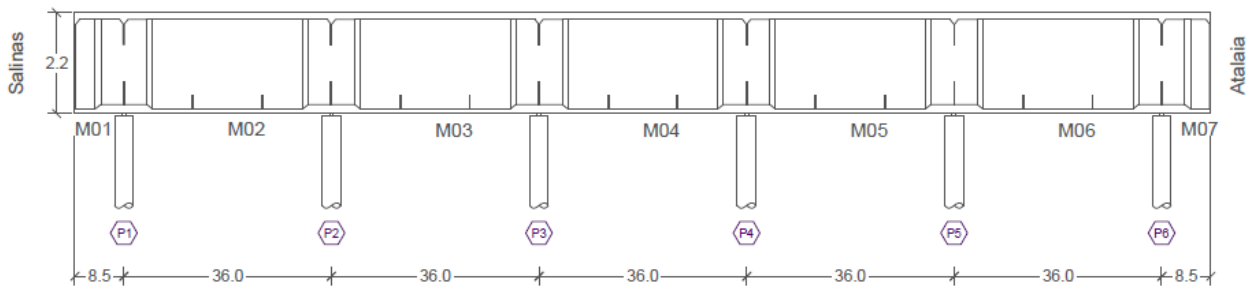


Figura 1 – Corte do perfil longitudinal da Ponte

ISBN: 978-85-65425-32-2

Na inspeção visual verificou-se os locais que apresentavam maiores evidências de manifestações patológicas, tanto na parte externa quanto interna da estrutura da ponte, que apresenta um tabuleiro composto por uma viga caixão. Assim, verificou-se a existência e devida localização das anomalias descritas na seção anterior, para a elaboração do quadro patológico da estrutura. O procedimento e planejamento da vistoria foi feito conforme recomendações do Manual de Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido, do DNIT, tendo em vista algumas limitações de acesso. Foram verificadas as condições da pista de rolamento, guarda-corpo, aparelhos de apoio, pilares, vigas transversinas e longarinas, blocos de coroamento e o estado dos encontros. É importante ressaltar que algumas fissuras no tabuleiro da ponte encontravam-se já colmatadas, o que indica que houve um reparo recente na mesma.

3.2 Ensaios não destrutivos

A segunda etapa desse estudo consistiu no uso de métodos de ensaios não destrutivos com o intuito de se conhecer algumas características do concreto *in loco*, como a resistência à compressão e dados de sua integridade, aumentando, assim, a confiabilidade da inspeção.

3.2.1 – Ensaios selecionados

Neste trabalho, os ensaios realizados foram o de esclerometria, ultrassom e profundidade de carbonatação, selecionados de acordo com a disponibilidade de aparelhos e das características a serem estudadas. Os ensaios de esclerometria e ultrassom fornecem, entre outros, dados de resistência à compressão, os quais foram comparados posteriormente. O ensaio de carbonatação foi utilizado para estimar a profundidade de carbonatação, assim como para conhecer a qualidade do concreto.

3.2.2 – Seleção das áreas de estudo

De acordo com o tipo de ensaio e acesso à estrutura, foram selecionados as áreas para a realização de cada ensaio, procurando verificar as áreas que visualmente encontravam-se mais deterioradas. Para o ensaio de carbonatação, escolheram-se duas regiões: no pilar P1, em função do fácil acesso, e no diafragma entre as seções M02 e M03. O ensaio de ultrassom avaliou, pelas faces interiores da viga caixão, as lajes laterais de seção M01 e M02 e a laje inferior da seção M02. Já o ensaio de esclerometria, devido maior facilidade de execução, foi realizado nos mesmos locais selecionados para o ensaio de ultrassom, e nas demais seções da ponte, no meio das lajes laterais do interior da viga caixão. A localização de cada ensaio pode ser verificada na planta abaixo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

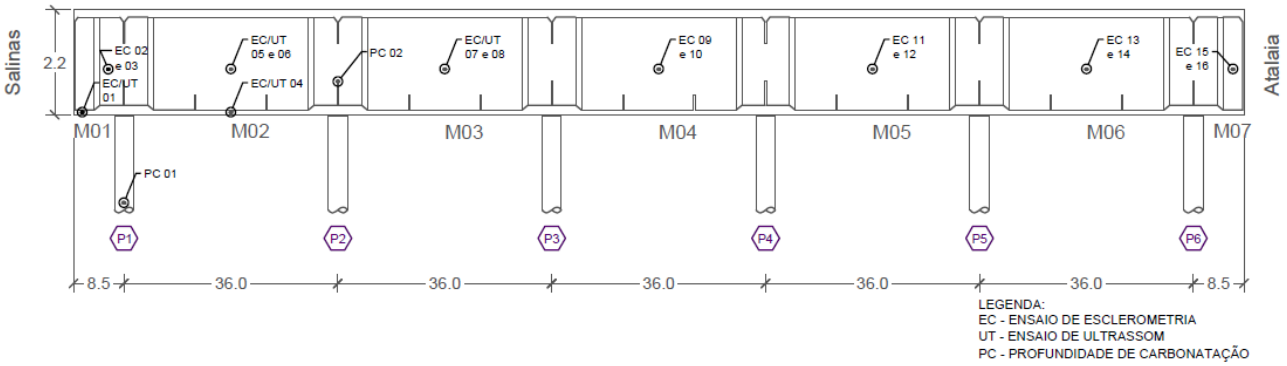


Figura 2 – Áreas de ensaio selecionadas

3.2.3 – Realização dos ensaios

3.2.3.1 – Ensaio de carbonatação

No ensaio de carbonatação, o ponto escolhido para a sua execução foi escarificado com o auxílio de um pontalete e martelo e, em seguida, foi removido o excesso de resíduos da escarificação para aplicação de um indicador químico à base de fenolftaleína. A superfície em contato com o indicador que se apresentar de cor violeta determina uma região alcalina com pH próximo de 12, e se não manifestar nenhuma coloração, indica uma região carbonatada, com pH inferior a 9 (MEQUIADES, 2011).

Foram ensaiados apenas três pontos, devido as condições de acesso: na base e no meio do pilar esquerdo P1 (sentido Salinas-Atalaia) e no diafragma entre as seções M02 e M03. A profundidade de carbonatação foi medida com auxílio de um escalímetro, a partir da região que apresentou cor violeta até a extremidade da peça ensaiada.

Figura 3 e 4 – Ensaio de carbonatação realizado no pilar P1

3.2.3.2 – Ensaio de esclerometria

O equipamento utilizado para este ensaio foi um esclerômetro de reflexão Silver Schmidt da marca proceq, que obtém um valor da dureza do concreto, chamado índice

ISBN: 978-85-65425-32-2

esclerométrico. Para a realização do ensaio foram seguidas as recomendações da NBR 7584/12, assim como as recomendações do fabricante. O procedimento consiste em preparar a superfície da área a ser ensaiada com uma pedra esmeril em movimentos circulares, sendo toda poeira e pó removidas a seco. O esclerômetro deve ser empurrado em velocidade moderada contra a superfície até que a medição seja realizada, sendo sempre aplicado ortogonalmente à superfície. Em cada área de ensaio, foram efetuados 16 medições em pontos uniformemente distribuídos, distanciados 3 cm entre si, conforme ilustrado abaixo.

Figura 5 – Área ensaiada no ensaio de esclerometria

Para o tratamento dos dados, foi estimada a média aritmética dos valores de índice esclerométrico de cada área de ensaio e excluídos os valores individuais afastados em mais de 10% desse valor médio. Em seguida, é calculada uma nova média com os valores efetivos, devendo ser obtida com, no mínimo, cinco valores individuais; caso contrário, o índice esclerométrico dessa área deve ser descartado (NBR 7582:2012). A estimativa da resistência à compressão dos elementos foi estimada a partir da equação (1) forcecida pelo fabricante, obtida através da curva de correlação entre o índice esclerométrico e o valor de resistência do concreto da estrutura.

$$f_{ck} = 2{,}77 \cdot e^{0{,}048Q} \qquad (1)$$

Sendo:

fck = *Resistência característica à compressão do concreto, (MPa).*

Q = *Índice esclerométrico do aparelho.*

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.2.3.3 – Ensaio de ultrassom

O aparelho utilizado para a medição da velocidade das ondas ultrassonicas também foi da marca proceq, o Pundit Lab, sendo utilizado o modo de medições compostas com frequência de 54 Hz. O aparelho permite três posições do transdutor – direta, semi-direta e indireta (figura 6). As velocidades medidas de forma indireta necessitam de ajuste prévio antes de serem utilizadas pra cálculos de outros parâmetros do ensaio, uma vez que as mesmas são inferiores às medidas de forma direta para o mesmo corpo. Para se obter o coeficiente de ajuste de velocidade, foram feitas 60 medições diretas e 120 medições indiretas em 30 corpos de prova prismáticos de concreto, com dimensões de 15x15x35cm. Os valores de velocidade foram postos em ordem crescente e os valores maiores e menores que 10% do valor da mediana foram descartados. Assim, o valor médio entre a razão as velocidades obtido de forma direta pelas medidas de forma indireta, pode ser tomado como coeficiente de ajuste de velocidade.

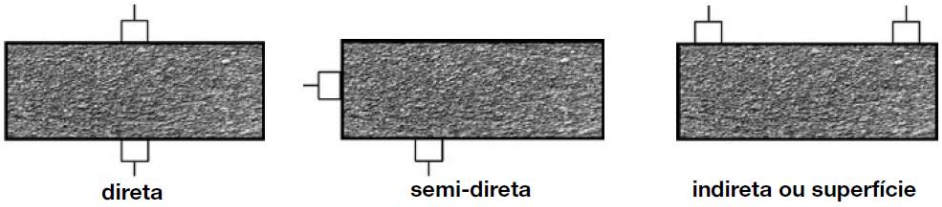


Figura 6 – Posições do transdutor (fonte: Proceq)

Neste trabalho, foram realizadas 32 leituras – 10 diretas e 22 indiretas – nas paredes e lajes das seções M01 e M02 da ponte, onde foram verificadas patologias preexistentes visualmente; sendo que nas lajes, foram realizadas 16 medições de velocidade e nas paredes, 12 medições.

Para a preparação do ensaio, é necessário que a extensão do trajeto da onda – distância entre os centros dos transdutores – seja medida da forma mais precisa possível. Na leitura direta, o valor da distância foi medido com auxílio de um escalímetro, determinando-se uma distância de 10 cm (espessura da laje inferior do caixão). Para garantir maior precisão, uma grade igualmente espaçada de 15 cm foi utilizada na marcação dos pontos de leitura indireta. O acoplamento entre o transdutor e à superfície de concreto foi feito com a aplicação da pasta de acoplamento nos pontos de ensaio marcados na grade.

De acordo com Canovas (1998), a classificação do estado do concreto segue a tabela 1 de avaliação abaixo, sendo descartadas as velocidades 10% maiores e menores que a velocidade mediana.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 7 e 8 – grade de ensaio e acoplamento entre os transdutores e a superfície para a realização do ensaio de ultrassom

Tabela 1 – Classificação do estado do concreto de acordo com a velocidade ultrassônica

Estado do concreto	Velocidade (m/s)
Ótimo	≥3500
Bom	3000 á 3500
Regular	2000 á 3000
Ruim	<2000

Fonte: CANOVAS (1998)

O módulo de elasticidade foi calculado a partir da velocidade média encontrada, de acordo com a formulação de Gonçalves e Bartholomeu (Equação 2). Então, o valor de resistência à compressão característico do concreto (fck) foi calculado a partir da equação fornecidada pela NBR 6118 (equação 3).

$$E_{ci} = \rho \cdot V^2 \frac{(1+\nu_d)(1-2\nu_d)}{(1-\nu_d)} \qquad (2)$$

Onde:

$E_{ci} = módulo\ de\ elasticidade\ elástico\ (MPa)$;

$\nu_d = coeficiente\ dinâmico\ de\ Poisson\ (adotado\ como\ 0{,}2)$;

$\rho = densidade\ (kg/m^3)$;

$V = velocidade\ de\ ultrassom\ (m/s)$.

ISBN: 978-85-65425-32-2

$$E_{ci} = \alpha_E \cdot 5600 \cdot \sqrt{f_{ck}} \rightarrow para\ f_{ck}\ de\ 20\ a\ 50\ MPa \quad (3)$$

Onde:

$\alpha_E = 1{,}0\ (adotado\ para\ granito\ e\ gnaisse)$;

$f_{ck} = Resistência\ característica\ à\ compressão\ do\ concreto\ (MPa)$.

4. Estudo de caso

4.1 Características da Ponte sobre o Rio Sampaio

A Ponte sobre o Rio Sampaio trata-se de uma ponte de 197 metros de comprimento, composta de infraestrutura em tubulões de 1,20m de diâmetro e blocos de coroamento. Sua mesoestrutura apresenta pilares de 1,20m de diâmetro e transversinas de contraventamento. A superestrutura é composta por tabuleiro em forma de caixão em concreto protendido, apoiado nos pilares através de aparelhos de apoio. A pavimentação foi feita com revestimento em concreto e juntas de material betuminoso a cada 3,00 m, além disso, possui um guarda corpo em concreto armado.

4.2 Quadro patológico da estrutura

4.2.1 – Quadro de deformações (flechas)

A estrutura apresenta apenas uma região com visível deformação do tabuleiro, localizada na seção M03. Tal deformação indica subdimensionamento das peças na região. Nas demais seções, não foi possível identificar outras deformações evidentes.

Figura 9 e 10 – Deformação na seção M03

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.2.2 – Superestrutura

4.2.2.1 – Pavimentação e sistema de drenagem:

Na pista de rolamento observa-se a existência de fissuras em alguns trechos da ponte, assim como nos encontros em ambas extremidades: sentido Salinas-Atalaia e Atalaia-Salinas. Também verifica-se a existência de crateras com reparo recente. Além disso, os drenos encontravam-se entupidos com excesso de areia proveniente da própria região, o que ocasionou o acúmulo de água em alguns trechos da pista de rolamento. A utilização de materiais de baixa qualidade é uma das prováveis origens para o desgate do asfalto representado pelas fissuras e crateras. As fissuras nos encontros, por sua vez, devem-se ao efeito dinâmico das cargas móveis que são mais intensos nessas regiões.

Figura 11 e 12 – Fissuração nos encontros e crateras com reparos recentes na pista de rolamento, além de excesso de areia acumulada na borda da pista de rolamento, o que ocasionou o entupimento temporário dos drenos.

4.2.2.2 – Guarda corpo:

O guarda corpo apresenta-se em bom estado com excessão de dois pequenos trechos nas seções M02 e M03, em que há exposição de armaduras sem depreciação significativa. Agumas causas podem ser apontadas para apresentação desse problema como: utilização de materiais de baixa qualidade, falha construtiva quanto as cobrimento das armaduras e exposição da estrutura à um ambiente agressivo.

Figura 13 – Exposição de armaduras no guarda corpo

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.2.2.3 – Tabuleiro:

Na região dos apoios, observaram-se fissuras de cisalhamento recém colmatadas, comuns nessa região em pontes. Além disso, também se observa na região do tabuleiro a existência de fissuras de flexão na seção M02, indicando um subdimensionamento das peças em ambas regiões. Relatórios de 2001 já apontavam a existência e evolução de fissuras, que caracterizam perda de aderência das cordoalhas de protensão do caixão da superestrutura.

Figura 14 e 15 – Fissuras de cisalhamento e flexão, respectivamente.

Na vista inferior da laje nota-se trechos com exposição de armadura e manchas de corrosão, que pode ser justificado pelo ambiente agressivo em que a estrutura está inserida, assim como por possíveis erros de construção no que diz respeito a cobrimentos mínimos devido a classificação da agressividade ambiental estabelecido por norma (NBR 6118, 2014).

Ainda na vista inferior da laje, porém na parte interior do tabuleiro, há presença de fissuras, eflorescências e manchas de umidade, que se deve às fissuras e acúmulo de água encontrados na pista de rolamento, sendo responsáveis por permitirem a passagem de água fluvial.

Figura 16 e 17 – Exposição da armadura da laje inferior do caixão

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 18 e 19 – Manchas de umidade e eflorescencia

4.2.3 – Mesoestrutura

4.2.3.1 – Encontros

Em ambos os lados da ponte, a região dos encontros apresenta fissuras extensas recém colmatadas, o que confirma a constatação do relatório de inspeção em 2003, em que se verificou a existência de fraturas que estariam ocasionando a exposição de armaduras que, por sua vez, apresentavam-se em processo de corrosão e/ou seccionadas. No entanto, tal anomalia aparenta ter recebido tratamento.

Figura 20 e 21 – Encontros nas seções M01 e M07

4.2.3.2 – Aparelhos de apoio

Devido à dificuldade de acesso, não foi possível verificar o estado de todos os aparelhos de apoio ao longo da estrutura. Nos apoios entre o primeiro e o segundo tramo, no entanto, observou-se o acúmulo de detritos na região, assim como pequenas manchas de umidade no topo do pilar, indicando a ocorrência de percolação de água nessa região. A fissuração no tabuleiro e insuficiência do sistema de drenagem, como exposto anteriormente, podem ser algumas das causas para percolação de água.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 22 – Aparelho de apoio com presença de detritos e manchas de umidade

4.2.3.3 – Pilares

Os pilares encontram-se em avançado estágio de deterioração caracterizado pela fissuração e grande incrustação de moluscos (Figura 23). Observa-se que a presença dessas anomalias ocorre nas superfícies dos elementos estruturais que estão diretamente expostos ao contato com a água em região de variação de maré e aos demais agentes biológicos presentes no ambiente. Destaca-se a ocorrência de acentuadas fissuras longitudinais, que pela morfologia podem indicar também indícios de retração hidráulica devido efeitos térmicos causados pelo entorno alagado. Nota-se que os pilares mais afetados pelas manifestações patológicas são aqueles localizados entre o tramo dois, o qual foi o mais afetado por efeitos de flexão e cisalhamento.

Figura 23 – Fissuração e ataque biológico no pilar P3

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.2.4 – Infraestrutura

Sabe-se que a ponte em estudo apresenta fundações do tipo profundas em tubulão de concreto, porém a inspeção realizada se limitou a analisar apenas as partes visíveis da estrutura, não sendo possível avaliar o seu grau de integridade. É possível afirmar, contudo, que não foram identificados sintomas que pudessem caracterizar problemas nas fundações como: deslocamentos, desaprumos e fissuras características de recalques diferenciais. Na análise visual, destaca-se a presença excessiva de moluscos incrustadores, além de pequena desagregação no topo do bloco, comum em locais com grande número de microrganismos (figura 24). Em uma inspeção visual mais detalhada, a escarificação dos moluscos dos blocos de fundação poderia revelar melhor o estado interno do concreto.

Figura 24 – Presença de moluscos e desagregação no topo do bloco de fundação

5. Resultados dos ensaios

5.1 Carbonatação

Na região do pilar P1 foram escolhidos dois pontos para a realização do ensaio de profundidade de carbonatação, conforme ilustrado na figura 28. No ponto PC 01-a verificou-se que o elemento não estava carbonatado, já que a superfície do elemento escarificada apenas superficialmente tornou-se violeta em contato com solução de fenoltaleína. Já no ponto PC 01-b, a profundidade de carbonatação encontrada foi de aproximadamente 3 cm. No diafragma entre as seções M01 e M02 também se verificou uma região carbonatada, tendo profundidade de 1,5 cm, aproximadamente.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 25, 26 e 27 – Ensaios nos pontos PC 01-a, PC01-b e PC 02, respectivamente.

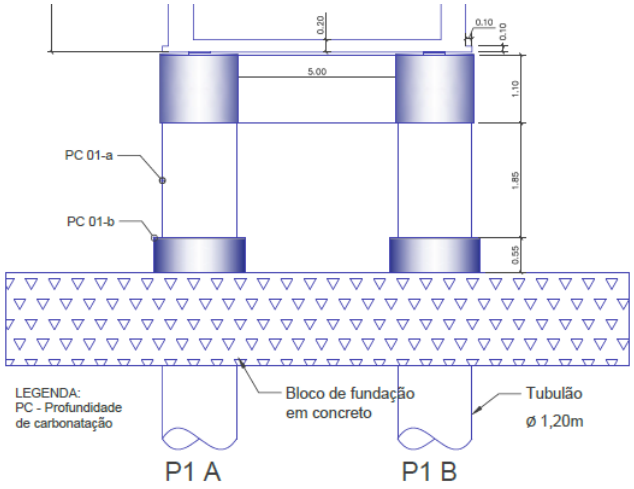


Figura 28 – Localização dos ensaios de carbonatação no pilar P1.

5.2 Esclerometria

O principal objetivo do ensaio de esclerometria é avaliar a dureza superficial do concreto, porém há correlações que permitem estimar a resistência característica aproximada do elemento em estudo. A tabela 2 apresenta a descrição dos pontos ensaiados (ilustrados na figura 2), assim como a média real do índice esclerométrico (Q) e a resistência característica calculada conforme proposto pelo fabricante do aparelho utilizado, a partir da equação 1.

Tabela 2 – Resultados do ensaio de esclerometria

Ponto ensaiado	Descrição	Média real do índice esclerométrico (Q)	Fck (MPa)
EC 01	laje inferior	45.7	24.82
EC 02	parede direita	41.5	20.34
EC 03	parede esquerda	-	-

ISBN: 978-85-65425-32-2

EC 04	laje inferior	41.4	20.24
EC 05	parede direita	35.9	15.52
EC 06	parede esquerda	41.0	19.82
EC 07	parede direita	38.3	17.37
EC 08	parede esquerda	44.1	23.00
EC 09	parede direita	35.4	15.18
EC 10	parede esquerda	40.5	19.35
EC 11	parede direita	42.3	21.13
EC 12	parede esquerda	-	-
EC 13	parede direita	40.8	19.67
EC 14	parede esquerda	47.5	27.08
EC 15	parede direita	43.0	21.82
EC 16	parede esquerda	36.6	16.03

5.3 Ultrassom

Na tabela 3, são apresentadas as médias das leituras obtidas no ensaio de ultrassom nas áreas selecionadas da estrutura, assim como o módulo de elasticidade calculado a partir da equação 2 e a resistência característica do concreto calculada conforme as recomendações da NBR 6118/2014, pela equação 3. É importante ressaltar que as velocidades medidas pelo tipo de leitura indireto foram corrigidas com o coeficiente de correção da velocidade, cujo valor encontrado foi de 1,537.

Tabela 3 – Resultados do ensaio de ultrassom

Ponto ensaiado	**Descrição**	**Tipo de leitura**	**Distância (m)**	**Velocidade média (m/s)**	**Velocidade média corrigida (m/s)**
UT 01	Laje Inferior	Direta	0.10	4303.17	4303.17
UT 01	Laje Inferior	Indireta	0.15	2593.00	3985.61
UT 04	Laje Inferior	Indireta	0.15	1946.50	2991.90
UT 05	Parede Direita	Indireta	0.15	1821.71	2800.09
UT 06	Parede Esquerda	Indireta	0.15	2242.60	3447.02

ISBN: 978-85-65425-32-2

De acordo com os valores de velocidade encontrados, o estado do concreto foi classificado conforme a tabela 1. As quantidades de pontos para cada classificação são mostradas na tabela 5 abaixo:

Tabela 4 – Relação de pontos para cada classificação do estado do concreto

Estado do concreto	Quantidade	Percentual
Ótimo	17	53,13
Bom	9	28,13
Regular	4	12,50
Ruim	2	6,26
Total	32	100,00

A velocidade média encontrada após o descarte dos valores 10% maiores e menores da velocidade mediana, foi de 3436,54 m/s. Assim, o módulo de elasticidade aproximado e o valor de resistência à compressão caracteríscico do concreto foram de 26,57 Gpa e 22,51 Mpa, respectivamente.

5.4 Comparações dos resultados de resistência característica do concreto

Comparando-se os resultados da resistência característica média encontrada no ensaio de esclerometria para os mesmos pontos onde foram realizados ensaios de ultrassom, observa-se que houve pouca diferença entre eles, visto que os valores de resistência foram de 20,1 MPa e 22,51 MPa, respectivamente. Assim, apesar da variabilidade das resistências entre os pontos ensaiados, a pequena diferença entre os resultados revela que a obtenção da resistência através desses métodos não destrutivos apresenta boa confiabilidade.

4. Conclusões e recomendações

A ponte sobre o Rio Sampaio conta com mais de 40 anos e, apesar de algumas de suas anomalias terem sido tratadas recentemente, seu quadro patológico revela que há urgência de novas intervenções. Algumas sugestões de recuperação são apresentadas a seguir, porém é válido lembrar que um projeto de recuperação e reforço deve ser feito por um profissional qualificado a fim de se garantir a segurança e funcionalidade da estrutura.

A pavimentação da pista de rolamento requer uma recuperação asfáltica, de modo que a superfície resista ao tráfego de veículos pesados e tráfego intenso a que a ponte está submetida. Além disso, é preciso um sistema de drenagem que não possibilite o acúmulo de água na pista, contendo, no projeto geométrico, declividades longitudinais e sobrelevações adequadas para que a drenagem possa ocorrer naturalmente. Quanto aos mecanismos causadores da eflorescência, estes podem ser devido a permeabilidade do

ISBN: 978-85-65425-32-2

asfalto ou das juntas de dilatação. Nesse último caso, deve ser feita a limpeza e impermeabilização nas juntas, além da superfície atingida pela eflorescência.

Para armaduras oxidadas, recomenda-se o apicoamento da superfície e remoção do concreto deteriorado em torno das armaduras, lixamento ou escovamento das ferragens e adição de armaduras complementares (caso a redução da seção for maior que 10%). No caso dos pilares e blocos, deve-se primeiro limpar a superfície e analisar a situação do concreto. Para evitar danos recorrentes, recomenda-se o revestimento de tais elementos com material menos aderente que não propicie a incrustação, além de uma manutenção rotineira. Também deve ser feita a investigação das fissuras ao longo da extensão dos pilares. Se a causa for devido a retração, deve-se limpar e colmatar com material impermeável; caso seja estrutural, dependendo da situação, a solução poderá ser o encamisamento do pilar ou adição de chapa de aço. Em relação aos aparelhos de apoio, recomenda-se a limpeza dos mesmos para verificar melhor seu estado e, se necessário, realizar a sua lubrificação.

No que diz respeito às fissuras de cisalhamento e flexão, análises mais detalhadas sobre o comportamento estrutural da ponte devem ser feitas, já que a condição de tráfego e normas vigentes atuais são diferentes da época de projeto da ponte. Sendo assim, é necessário verificar se as deformações e frequências da estrutura encontram-se dentro dos padrões estabelecidos pela NBR 6118. Caso seja detectado o subdimensionamento da estrutura, pode-se realizar o reforço utilizando técnicas de protensão externa, marcando-se a trajetória da cordoalha com ancoragens e desviadores.

Na avaliação do estado do concreto através dos ensaios não destrutivos, o ensaio de carbonatação revelou avanços na frente de carbonatação em dois pontos ensaiados: na base do pilar P1 e no diafragma entre as seções M01 e M02. Para recuperação, recomenda-se escarificação da região cabonatada e recomposição da região com material a base de cimento.

Nos ensaios de esclerometria e de ultrassom, o concreto apresentou resistência característica de 20,1 e 22, 51 MPa, respectivamente. Tal resultado é um pouco maior do que o fck de projeto, estimado em 15 MPa, sendo o concreto da maioria dos pontos ensaiados classificado como em ótimo estado pelo ensaio de ultrassom. O fato de o concreto apresentar bom estado e ainda assim o tabuleiro da estrutura apresentar fissurações de cisalhamento e flexão, reforça a hipótese de que a causa das fissurações é em função do carregamento excessivo, o qual o projeto da ponte não deve atender adequadamente.

Referências Bibliográficas

AGUIAR, J.E.D. (2006). Avaliação dos ensaios de durabilidade do concreto armado a partir de estruturas duráveis. 173p. Dissertação de Mestrado Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

ANDRADE, M.D.C (1992). Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armadura. São Paulo: Pini. 140p

ISBN: 978-85-65425-32-2

ANDRADE, T.; SILVA, A.J.D.C.E. (2005). Patologias das estruturas. In: ISAIA, G.C. Concreto: Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON. 32(2), p.953-983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2012). NBR 758/12: Concreto endurecido - Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de Reflexão - Método de Ensaio. Rio de Janeiro: ABNT

_____ (2014). NBR 6118/2014: Projeto de Estruturas de Concreto - Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT.

BARTHOLOMEU, A.; GONÇALVES, R. (2007). Prediction of the module of elasticity (MOE) in beams of Eucalyptus using the longitudinal velocity of ultrasonic waves. E-Journal of Nondestructive Testing and Ultrasonics, 12, p.4853-4860.

BRASIL, Departamento Nacional de Infra-estrutura de Transportes – DNIT (2010). Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários. Rio de Janeiro. 173p.

_____ (2004). Manual de inspeção de pontes rodoviárias. Rio de Janeiro, DNIT.

CÁNOVAS, M. F. (1998). Patologia e Terapia do Concreto Armado. Editora PINI, São Paulo, 522 p.

CAPRARO, A. P. (2015). Ensaios básicos para inspeções rotineiras em pontes de concreto. 18º Encontro Nacional De Conservação Rodoviária - ENACOR, Foz do Iguaçu.

DURAR (1988). Manual de Inspección, evaluación y diagnóstico de corrósion em estructuras de hormigon armado. 2. Ed. Madrid, Espanha: Cyted. 208 p.

ESCOBAR, C.J.; CRUZ, D.A.; FABRO, G. (2008). Avaliação de Desempenho do Ensaio de Esclerometria na Determinação da Resistência do Concreto Endurecido. 50° Congresso Brasileiro do Concreto – CBC 2008, Salvador.

FIGUEIREDO, E.P. (2005). Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella (Ed.) Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações. São Paulo: IBRACON. 27 (2), p. 828-855.

ISBN: 978-85-65425-32-2

HELENE, P. R. L. (1997). Vida útil das estruturas de concreto. In: Congresso ibero-americano de patologias de construções, 4(1), Porto Alegre, RS-Brasil. p.1-30.

HELENE, P., PEREIRA, F. (2003). Manual de Rehabilitación de Estructuras de Hormigón. Reparación, refuerzo y Protección. CYTED.

LENCIONI, J.W. (2005). Proposta para manual de inspeção de pontes e viadutos em concreto armado – discussão sobre a influência de fatores ambientais na degradação de obras de arte especiais. Dissertação de Mestrado, Instituto Tecnológico da Aeronautica, São José dos Campos.

MELQUÍADES, H. C. S. (2011). Utilização de métodos não destrutivos e semi destrutivos na avaliação de pontes de concreto. Dissertação de Mestrado, São Paulo.

Proseq (2010). Instruções de Operação: Instrumento Ultrassônico. Schwerzenbach: Proseq. 16.

_____ (2014). Instruções de Operação: SilverSchmidt & Hammerlink. Schwerzenbach: Proseq. 32.

RADOMSKI, W (2001). Bridge rehabilitation. Polland: Imperial college Press. 475 p.

SAHUNICO, M.H.C. (2011). Utilização de métodos não destrutivos e semi destrutivos na avaliação de pontes de concreto. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo.

SARTORTI, A.L. (2008). Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no municipio de Campinas-SP. Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

SOUZA, D.J., LA TORRE, E.M., KOSLOSKI, F., SILVESTRO, L., LEME, L.B.P., MEDEIROS, M. H. F. (2014). Obtenção da Resistência à Compressão do Concreto de Viadutos localizados na Região de Curitiba por Métodos de Ensaios Não Destrutíveis: Esclerometria e Ultrassom. 18º Encontro Nacional De Conservação Rodoviária - ENACOR, Foz do Iguaçu.

TEJEDOR, C. M. (2013). Patologias, recuperação e reforço com protensão externa em estruturas de pontes. 139p. Rio de Janeiro.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ESTUDO COMPARATIVO DA AGRESSIVIDADE DO AR ATMOSFÉRICO DE FORTALEZA NOS ANOS DE 2016 E 2017

Comparative Study Of The Aggressiveness Of The Atmospheric Air Of Fortaleza In The Years 2016 And 2017

Mara CAMPOS[1], **Matheus** Paiva[2], **Eduardo** CABRAL[3]
[1] Fanor – Devry, FORTALEZA, Brasil, maracampos86@gmail.com
[2] UFC, FORTALEZA, Brasil, mateus71314@gmail.com
[3] UFC, FORTALEZA, Brasil, antedu@gmail.com

Resumo: As estruturas de concreto armado, em zonas de atmosfera marítima, se degradam mais precocemente que aquelas mais afastadas do oceano. Esta degradação ocorre mais rapidamente em função do ataque de cloretos favorecido pelo avanço da névoa salina para dentro das cidades, no entanto, ela pode ser intensificada ou reduzida através da influência de fatores climáticos. Em virtude disso, o objetivo deste trabalho é analisar a variação do teor de cloretos em 35 pontos definidos na cidade de Fortaleza, em relação à distância de sua orla marítima, considerando a ação do clima, durante os meses de março, abril e maio de 2016 e 2017, comparando e discutindo os seus resultados. A metodologia empregada consistiu do uso do método da vela úmida, normatizado pela NBR 6211 (ABNT, 2001). Os pontos estabelecidos para coleta de dados foram colocados nas distancias de 50m, 250m, 500m, 1000m, 2000m e 4000m, distantes do mar. Constatou-se, com os resultados deste estudo, que os teores de cloro medidos em 2016, no geral, foram superiores aos de 2017. A maior incidência de chuvas em 2017, durante os meses estudados, é um dos principais fatores que explica a diferença desses resultados, tendo em vista que elas ocasionam a redução da concentração de cloretos no ar atmosférico.

Palavras-chave: Agressividade, cloretos, concreto.

Abstract: The structures of reinforced concrete, in zones of marine atmosphere, degrade more precociously than those more distant of the ocean. This degradation occurs more rapidly due to the attack of chlorides favored by the advance of the saline mist into the cities, however, it can be intensified or reduced through the influence of climatic factors. As a result, the objective of this work is to analyze the variation of the chlorides content in 35 points defined in the city of Fortaleza, in relation to the distance of its sea side, considering the climate action, during the months of March, April and May of 2016 and 2017, comparing and discussing their results. The methodology used consisted of the use of the wet candle method, normalized by NBR 6211 (ABNT, 2001). The points established for data collection were placed at distances of 50m, 250m, 500m, 1000m, 2000m and 4000m, distant from the sea. With the results of this study, it was found that chlorine levels measured in 2016 were generally higher than in 2017. The highest rainfall incidence in 2017 during the months studied is one of the main factors explaining the difference Of these results, since they reduce the concentration of chlorides in atmospheric air.

Keywords: Aggressiveness, chlorides, concrete.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Segundo Medeiros, Andrade e Helene (2011), é possível afirmar que a durabilidade e os métodos de previsão da vida útil nas estruturas de concreto são fundamentais para auxiliar na previsão do comportamento do concreto a longo prazo; prevenir manifestações patológicas precoces nas estruturas e contribuir para a economia, sustentabilidade e durabilidade das estruturas. Os projetos de edificações assim necessitam considerar a agressividade do ambiente em torno de suas obras, para que tenham durabilidade e vida útil satisfatória. Os ambientes mais agressivos para elas são os marítimos. Eles afetam as construções através da névoa salina que produzem, contendo diversos sais deletérios, sendo o cloro o mais nocivo.

Para Cascudo (1997), no Brasil, o fato de suas principais cidades estarem situadas em regiões costeiras, onde existe uma quantidade significativa de íons cloro dispersos no ar atmosférico, justifica a predominância do fenômeno da corrosão em armaduras de concreto como sendo a manifestação patológica mais encontrada nas construções em ambiente marítimo.

Fortaleza está entre as cidades costeiras do Brasil alvo de alguns estudos sobre sua agressividade. Segundo Albuquerque e Otoch (2005), alguns trabalhos datados da década de 80, feitos em Fortaleza, alertaram para a agressividade ambiental presente no município. Os trabalhos de Silva (2011), Oliveira (2013) e Portella (2013) confirmaram a alta concentração de cloretos na cidade, o que indicou alta agressividade em seu ambiente e a necessidade de se primar por diretrizes construtivas mais adequadas nas obras. Segundo Portella (2013), os limites de separação entre os ambientes marinho (classe agressividade III) e urbano (classe de agressividade II) em Fortaleza não foram estabelecidos até o ano de 2013 e concluiu-se com isso que havia a necessidade de se saber até onde se estende a zona de ambiente marinho na cidade.

Em 2016, foi realizada em Fortaleza, por Campos (2016), durante um ano, uma pesquisa em que foi feito o mapeamento do teor íons de cloro de 47 estações espalhadas em uma malha de pontos, cujas linhas distanciavam entre si 2,5 km e cujos pontos estavam posicionados em relação a distâncias do mar pré-fixadas de 50m, 250m, 500m, 1000m, 2000m, 4000m, 6000m e 8000m, utilizando o método da vela úmida. Sendo executada a pesquisa, propôs-se uma classificação das zonas de agressividade ambiental da cidade.

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a variação do teor de cloretos de 35 pontos definidos na cidade de Fortaleza, em relação à distância de sua orla marítima, pelo método da vela úmida, normatizado pela ABNT NBR 6211:2001, considerando a ação do clima, durante os meses de março, abril e maio de 2017 e compará-los com os resultados de Campos (2016), comparando e discutindo os seus resultados. Para tanto, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Quantificar o teor de íons de cloro presentes no ar atmosférico da cidade de Fortaleza, através da coleta de dados em 35 pontos da cidade, por meio do ensaio de vela úmida, estabelecido pela ABNT NBR 6211:2001, durante os meses de março, abril e maio de 2017;

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Fazer uma análise dos resultados das concentrações de íons cloro obtidos durante o período de estudo associando-os à distância em relação ao mar e comparar com os resultados do estudo do ano de 2016;
- Verificar a influência de parâmetros climatológicos nos resultados.

2. Referencial teórico

2.1 Deposição de cloretos do aerossol marítimo

Johnson (2005) afirma que a formação do aerossol marítimo acontece na rebentação das ondas. Esta movimentação gera pequenas bolhas de ar que, ao explodirem, geram menores partículas (gotículas) em forma de jorro, filme (película) ou espuma, as quais ficam dispersas no ar atmosférico. Essas partículas, por sofrerem a ação do clima, são transformadas em soluções salinas, que contém, dentre os sais presentes, cloretos. O conjunto desses cristais e soluções, aliados à umidade do ar, formam o aerossol marítimo.

Taylor e Wu (1992), fundamentados em pesquisas, fizeram uma classificação das partículas dispersas na atmosfera marinha, conforme o seu diâmetro ("d" representa o diâmetro da partícula):

a) d > 20 μm – jorro/gotículas em forma de espuma;

b) 10 μm< d < 20 μm – jorro/gotículas em forma de película;

c) 2 μm< d < 10 μm – gotículas em forma de película.

Uma vez formado o aerossol marinho, o mesmo caminha na direção do continente por ação do vento, depondo-se gradativamente, à medida que vai se distanciando do mar. O alcance da névoa salina dentro do continente, no entanto, depende de certas variáveis, como a topografia, a altitude, as barreiras que encontra, a força e direção dos ventos, as precipitações, etc.

2.2 Ataque de cloretos e corrosão de armaduras

Segundo Abbas, Soliman, Nehdi (2014), a corrosão do aço danifica às estruturas de concreto, ocasionando quebra e fragmentação do cobrimento em concreto, agravando sua situação. Nesse processo, segundo Pereira (2001), os íons de cloro são os agentes mais nocivos, tanto no período de iniciação quanto no de propagação. As fontes de íons cloro, segundo Cabral (2014), são: aceleradores de pega com CaCl2, impurezas dos agregados e da água de amassamento, atmosfera marinha (maresia), água do mar, uso de sais de degelo e processos industriais.

Romano (2009), afirma que, em regiões costeiras, o ingresso de cloretos nas estruturas de concreto que não estão diretamente em contato com a água do mar, ocorre através da formação do aerossol marinho e seu transporte em direção à costa, alcançando as estruturas. Cloretos dissolvidos no ar atmosférico penetram no concreto. Os mecanismos

ISBN: 978-85-65425-32-2

clássicos de penetração de água e transporte de íons no concreto são: permeabilidade, absorção capilar, difusão iônica e migração iônica.

Conforme Andrade (1992), em ambientes agressivos, a quantidade de íons cloro tende a ser incrementada gradualmente, podendo vir, após certo tempo, a atacar toda a superfície da armadura do concreto armado, provocando velocidades de corrosão intensas e perigosas, diminuindo significativamente sua vida útil. O autor ainda afirma que esse fato é justificado porque o concreto possui uma estrutura porosa e não barra perfeitamente a penetração dos agentes desencadeadores da corrosão, que, depois de um tempo, atacarão a armadura, mas, cabe ressaltar que, em condições normais, a armadura no interior do concreto está protegida química e fisicamente e seu estado de proteção pode durar indefinidamente, até que fissure em algum momento e a entrada de agentes agressores em seu interior seja facilitada.

O processo de corrosão das armaduras de concreto é desencadeado por mecanismos eletroquímicos. Reações químicas envolvem a condução de cargas (elétrons) entre regiões diferentes de um mesmo metal. Em determinadas regiões, ocorrem as reações de perdas de elétrons (região anódica), havendo oxidação, e em outras ocorrem reações de consumo de elétrons (região catódica), havendo redução. Esse fluxo de elétrons, decorrido desse processo, acontece por meio do eletrólito, uma solução aquosa contida nos seus poros, gerando deterioração da armadura (PEREIRA, 2001).

2.3 Agressividade ambiental

Para Vilasboas e Machado (2010), a agressividade ambiental é normalmente o termo utilizado para descrever o potencial de aporte de substâncias deflagradoras de processos oxidativos (principalmente oxigênio e cloretos) em estruturas de concreto armado. Para Brandão (1998), o estudo da agressividade ambiental visa conhecer o comportamento das estruturas e dos seus materiais componentes (concreto e aço) em face dos ataques por agentes externos agressivos presentes no meio ambiente, de modo que possam ser tomadas medidas preventivas de proteção, com o intuito de garantir a durabilidade das estruturas.

Na ABNT NBR 6118:2014, há uma classificação da intensidade da agressividade ambiental do entorno das obras, considerando as suas condições de exposição. Esta classificação serve para auxiliar projetistas na hora de definir as diretrizes de seus projetos, pois é um indicativo dos possíveis riscos de deterioração a que elas estarão submetidas. Abaixo, a seguir, está expresso o Quadro 1, com as classes de agressividade:

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 1 – Classes de agressividade

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha*	Grande
		Industrial**	
IV	Muito Forte	Industrial***	Elevado
		Respingo de maré	
* Pode-se admitir um microclima com classe de agressividade um nível mais branda para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).			
** Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (um nível acima) em: obras em regiões de clima seco, com umidade relativa do ar menor ou igual a 65%, partes da estrutura protegida da chuva em ambientes predominantemente secos, ou regiões onde chove raramente.			
*** Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.			

Fonte: ABNT NBR 6118:2014. Adaptado pelos autores.

Para Alves (2007), analisando este quadro de classe de agressividade ambiental, vê-se que a classificação ambiental contida nele é genérica e é sujeita a interpretações subjetivas, propensas ao erro no que diz respeito à classificação da agressividade no entorno das obras. Esse fato pode ser um motivo para que não haja o adequado dimensionamento do concreto para a região em que será feita a construção, o que pode afetar negativamente a obra. Assim, é importante haver propostas de classificação da agressividade nas cidades, dividindo-as em zonas, para que as construções sejam feitas com mais qualidade e tenham mais durabilidade. A seguir será exposta a proposta de classificação por Campos (2013).

2.4 Proposta de classificação da agressividade de Fortaleza por Campos (2016)

No trabalho de Campos (2016), procedeu-se à classificação do ambiente marítimo de Fortaleza em termos de contaminação de cloreto, agressividade e risco de deterioração da estrutura, considerando as normas NBR 14643 (ABNT, 2001) e a NBR 6118 (ABNT, 2014),

ISBN: 978-85-65425-32-2

de acordo com a análise utilizada por VilasBoas (2013). Ao considerar os valores máximos encontrados, propôs-se uma classificação das zonas de agressividade da cidade a partir dos valores máximos de concentração de íons cloretos dos dois períodos de estudo. Assim, para os primeiros 250m da Praia do Futuro propôs-se a classe IV (Muito Forte). De 250m até 2000m de distância em relação ao mar sugeriu-se classificar a área como classe III (Forte). E, como Classe II (Moderada), até aproximadamente os 8000m de distância.

A região da Praia de Iracema e Beira-Mar, com as classificações estabelecidas na cidade, é classificada com Classe III (Forte), até os 2000m de distância em relação ao mar, com exceção na primeira linha, onde pode ser considerado até os 1000m. Após essas divisões, o restante da região da Praia de Iracema pode ser considerada como classe II (Moderada) até os 8000m de distância. Com base nisso, verifica-se que nenhum trecho da área pesquisada se apresenta como classe I (Fraca). Esta classificação está demonstrada no mapa a seguir (Figura 1).

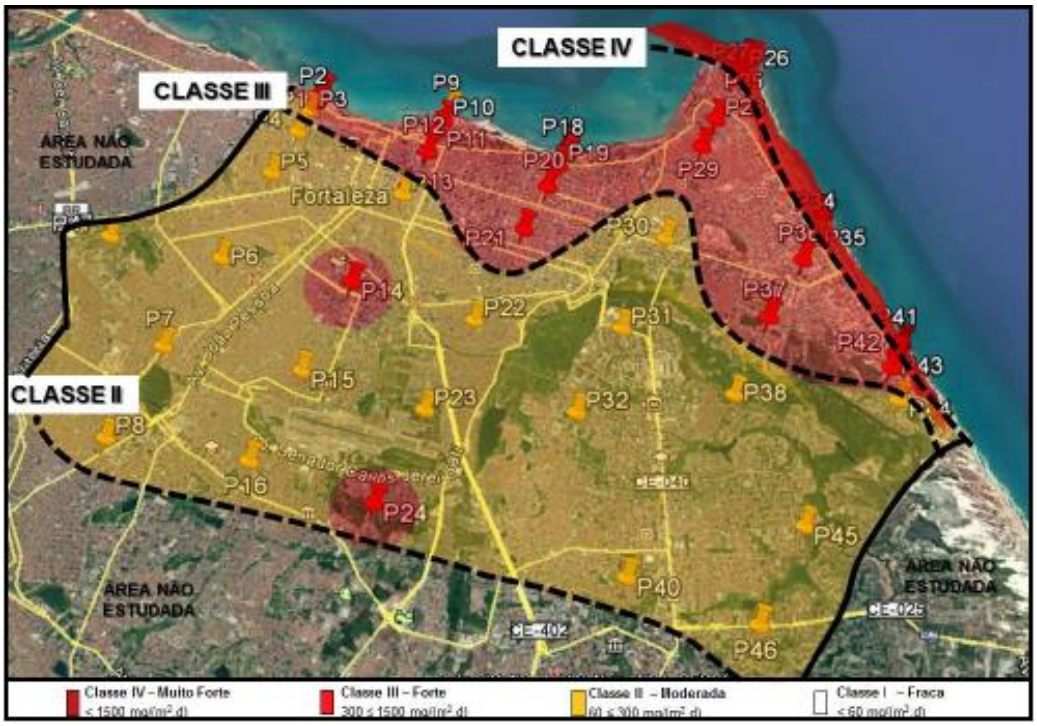


Figura 1 – Proposta para a classificação das zonas de agressividade em Fortaleza/Ce. Fonte: Campos (2016)

3. Materiais e métodos de pesquisa

Para a realização da comparação da agressividade entre os anos de 2016 e 2017, foram realizados: A determinação do teor de cloretos durante os meses de março, abril e maio de 2017, nos mesmos pontos de coletadas de dados do estudo anterior, no entanto considerando somente até a distância dos 4000m. Comparou-se com os resultados do teor

ISBN: 978-85-65425-32-2

de cloretos e com os resultados de velocidade e direção do vento no mesmo período no ano anterior

Para se determinar o teor de cloretos em suspensão e disseminados no ar atmosférico da zona de atmosfera marinha da cidade de Fortaleza/CE, foi utilizado o ensaio de determinação do teor de cloretos no ar atmosférico pelo método da vela úmida (Figura 2), prescrito pela norma NBR 6211 (ABNT, 2001).

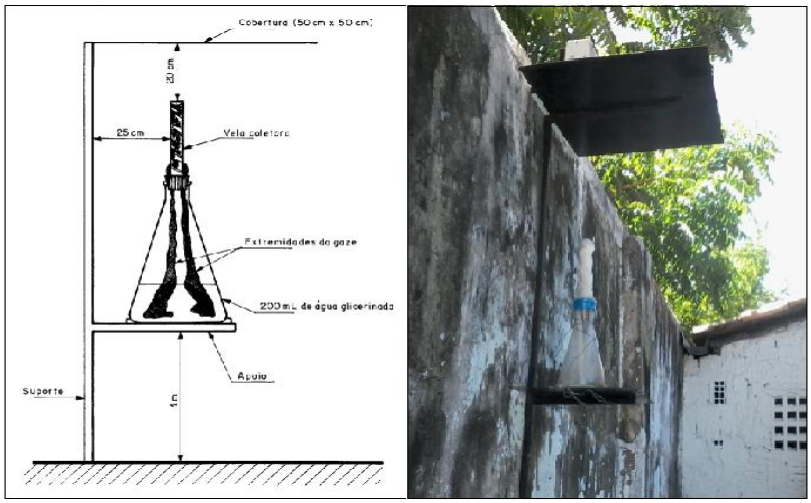


Figura 2 – Ensaio da vela úmida. Fonte: NBR 6211 (ABNT, 2001) e Paiva (2016). Adaptado pelos autores.

A pesquisa se deu em 35 pontos estratégicos espalhados pela cidade em uma malha de pontos, em que os dados foram coletados por um período de 3 meses (Figura 3). O ponto 47, localiza-se na UFC. No segundo ano, a pesquisa reduziu o número de pontos analisados para 37 pontos (Figura 4). Para este artigo, serão apresentados resultados referentes aos 37 pontos em comum dos dois anos estudados, selecionando-se os resultados referentes ao mês de março, abril e maio dos dois períodos.

A distribuição dos pontos foi determinada na cidade de forma homogênea, com intuito de coletar dados na maior área possível, havendo uma concentração maior de pontos nas proximidades da faixa litorânea. A distribuição deles foi feita, no primeiro ano, a partir da projeção de oito linhas correspondente à margem da cidade, distanciando-se da orla nas distâncias: 50m; 250m; 500m; 1000m; 2000m; 4000m; 6000m; e 8000m. No segundo ano, como foi mencionado, as distâncias de 6000m e 8000m foram desconsideradas.

A partir destas linhas foram traçadas seis linhas perpendiculares distantes 2500m entre si. O cruzamento das linhas de projeção da margem com as linhas perpendiculares deu origem a malha de pontos na cidade. Cada ponto escolhido nessa malha é considerada uma estação de medição do teor de cloro, onde tem os suportes, com as velas úmidas confeccionadas, para a realização do ensaio. A vela em branco foi colocada dentro do LMCC - Laboratório de Materiais de Construção Civil da UFC (Universidade Federal do

ISBN: 978-85-65425-32-2

Ceará) no campus do Pici, para a realização do ensaio em branco. Este ensaio é serve de referência na determinação de cloretos presentes nas outras velas expostas na cidade.

Figura 3 – Malha de pontos. Fonte: Autores

Figura 4 – Pontos analisados durante os dois anos. Fonte: Campos (2016). Adaptado pelos autores.

Os resultados serão expressos em massa de cloreto por unidade de área e por unidade de tempo. Através da equação 1, conforme NBR 6211 (ABNT, 2001).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Equação 1 – Determinação do teor de cloretos

$$Cloreto\left(mg/\left(m^2.d\right)\right)=\frac{2(A-B).M.35{,}5.V_T}{V_a.S.t} \quad (1)$$

Onde:

A: volume gasto de solução-padrão de nitrato mercúrico com a alíquota, em mililitros;

B: volume gasto de solução-padrão de nitrato mercúrico com o branco, em mililitros;

M: concentração de solução-padrão de nitrato mercúrico, em molaridade;

VT: volume total da amostra após a diluição, em mililitros;

Va: volume de alíquota, em mililitros;

S: área da gaze exposta, em metros quadrados;

t: tempo de exposição, em dias.

4. Apresentação e análise de resultados

A seguir serão abordados os resultados relacionados ao teor de cloretos captado em cada ponto correlacionando as distâncias de 50m, 250m, 500m, 1000m, 2000m e 4000m em relação à orla marítima. Os pontos de 6000m e 8000m não serão utilizados nesta análise.

4.1Deposição de cloretos em relação à distância do mar

Os resultados da determinação do teor de íons cloreto, pelo método da vela úmida, nos dois anos analisados, são apresentados nos Quadros 1 a 6. No Quadro 4, encontra-se os resultados relativos aos pontos 1 a 6 da malha de pontos estabelecida na cidade, pertencentes a linha 1, com alinhamento partindo da Praia de Iracema, em que os pontos se distanciam um dos outros, como foi mencionado, em distâncias pré-fixadas em relação a distância do mar, conforme se verifica a seguir. Alguns valores não foram obtidos por empecilhos durante a coleta de dados, tais como o furto da vela e falta de autorização.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 4 – Resultados da linha 1

LINHA 1									
Teor de coretos [(mg)/(m².d)]									
Distância	**Março**			**Abril**			**Maio**		
	2016	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**
50	212,55	-	-	262,10	110,84	- 58	271,10	67,46	- 75
250	84,11	-	-	54,27	39,49	- 27	49,12	23,98	- 51
500	88,64	19,21	- 78	67,83	17,81	- 74	40,70	21,71	- 47
1000	52,91	135,84	157	84,11	11,35	- 87	39,30	7,30	- 81
2000	64,66	6,51	- 90	50,88	50,44	- 1	44,91	9,55	- 79
4000	61,40	9,23	- 85	55,62	7,73	- 86	41,84	20,22	- 52

No Quadro 5 a seguir, observa-se os resultados da linha 2, relativos aos pontos 9 a 14, com alinhamento partindo da Praia de Iracema:

Quadro 5 – Resultados da linha 2

LINHA 2									
Teor de coretos [(mg)/(m².d)]									
Distância	**Março**			**Abril**			**Maio**		
	2016	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**
50	69,50	47,92	- 31	44,09	16,96	- 62	54,03	28,23	- 48
250	110,54	66,05	- 40	108,54	3,84	- 96	54,45	43,43	- 20
500	49,58	157,56	218	132,82	1,92	- 99	55,00	43,43	- 21
1000	64,22	39,75	- 38	50,88	33,59	- 34	59,65	62,97	6
2000	56,08	8,62	- 85	51,44	65,31	27	47,72	6,51	- 86
4000	69,77	-	-	38,62	21,55	- 44	84,68	20,94	- 75

ISBN: 978-85-65425-32-2

No Quadro 6, observa-se os resultados da linha 3, relativos aos pontos 17 a 22, com alinhamento partindo da Praia de Iracema, exposto logo abaixo:

Quadro 6 – Resultados da linha 3

LINHA 3									
Teor de coretos [(mg)/(m².d)]									
Distância	**Março**			**Abril**			**Maio**		
	2016	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**
50	145,96	123,88	- 15	115,32	93,80	- 19	81,98	19,00	- 77
250	107,79	51,44	- 52	76,65	14,64	- 81	-	28,23	-
500	87,02	31,52	- 64	71,90	24,43	- 66	133,33	3,82	- 97
1000	67,93	27,92	- 59	54,95	31,04	- 44	85,61	26,60	- 69
2000	76,91	21,17	- 72	67,16	28,69	- 57	66,48	21,71	- 67
4000	67,45	23,60	- 65	-	2,54	-	50,88	5,43	- 89

No Quadro 7, observa-se os resultados da linha 4, relativos aos pontos 25 a 30, com alinhamento partindo da ponta do Mucuripe, início do litoral leste de Fortaleza, região da Praia do Futuro:

Quadro 7 – Resultados da linha 4

LINHA 4									
Teor de coretos [(mg)/(m².d)]									
Distância	**Março**			**Abril**			**Maio**		
	2016	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**
50	785,07	381,29	- 51	1332,40	637,81	- 52	720,80	490,19	- 32
250	113,97	-	-	103,79	75,64	- 27	93,22	131,59	41
500	97,23	-	-	175,76	-	-	134,89	-	-
1000	127,11	-35,38	- 128	159,41	80,31	- 50	137,86	29,32	- 79
2000	126,17	7,11	- 94	184,62	60,12	- 67	121,45	45,86	- 62
4000	109,58	12,21	- 89	96,32	25,74	- 73	55,80	42,11	- 25

ISBN: 978-85-65425-32-2

No Quadro 8, observa-se os resultados da linha 5, relativos aos pontos 33 a 38, com alinhamento partindo da Praia do Futuro:

Quadro 8 – Resultados da linha 5

LINHA 5									
Teor de coretos [(mg)/(m².d)]									
Distância	**Março**			**Abril**			**Maio**		
	2016	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**
50	267,24	106,45	- 60	247,02	95,08	- 62	144,42	85,17	- 41
250	261,47	97,44	- 63	259,13	132,38	- 49	223,85	77,37	- 65
500	88,80	-	-	122,10	57,20	- 53	55,14	38,00	- 31
1000	128,27	63,34	- 51	135,67	12,67	- 91	88,62	30,57	- 66
2000	88,38	38,08	- 57	127,20	8,58	- 93	96,84	67,70	- 30
4000	89,34	5,24	- 94	110,43	16,11	- 85	105,26	18,25	- 83

No Quadro 9, por fim, observa-se os resultados da linha 6, relativos aos pontos 41 a 46, com alinhamento partindo da Praia do Futuro:

Quadro 9 – Resultados da linha 6

LINHA 6									
Teor de coretos [(mg)/(m².d)]									
Distância	**Março**			**Abril**			**Maio**		
	2016	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**	**2016**	**2017**	**Diferença (%)**
50	1273,48	1081,57	- 15	1493,06	478,03	68	1404,83	773,51	- 45
250	116,29	-	-	140,42	-	-	82,13	111,43	36
500	83,21	-	-	189,78	90,38	52	115,32	27,90	- 76
1000	70,10	5,99	- 91	147,13	28,77	80	65,98	34,44	- 48
2000	27,51	-	-	153,49	20,52	87	77,04	-	-

Constata-se, pelas informações dos quadros expostos acima, que as diferenças nos resultados entre os anos 2016 e 2017 são consideráveis, tendo em vista que houve pontos

ISBN: 978-85-65425-32-2

que atingiram medições de íons de cloro com variações superiores a 100%, com mais ocorrências de diferenças negativas.

Conforme pode se verificar também nos quadros dos resultados de cada linha, no geral, há elevada concentração de íons de cloro nos pontos mais próximos ao mar, e a medida que vai se distanciando da orla marítima, nos pontos de medição há o decréscimo da concretração destes íons.

Nas Figuras 5 a 7, encontra-se a representação gráfica dos dados dos quadros expostos acima, para cada mês, a saber março, abril e maio, comparando os valores obtidos no experimento de 2016 com os valores de 2017. Para facilitar a continuação da análise desses resultados, optou-se por se dispor todos os gráficos de cada mês em uma mesma figura. Por isso, nas Figuras 5, 6 e 7 os gráficos estão dispostos em sequência, com os resultados em ordem crescente, da linha 1 a linha 6. A linha azul em cada gráfico se refere aos resultados de 2016 e a linha vermelha aos resultados de 2017. Na Figura 5, são expostos os gráficos referentes aos resultados do teor de cloretos mensurados em todos os pontos no mês de março nos dois anos de estudo.

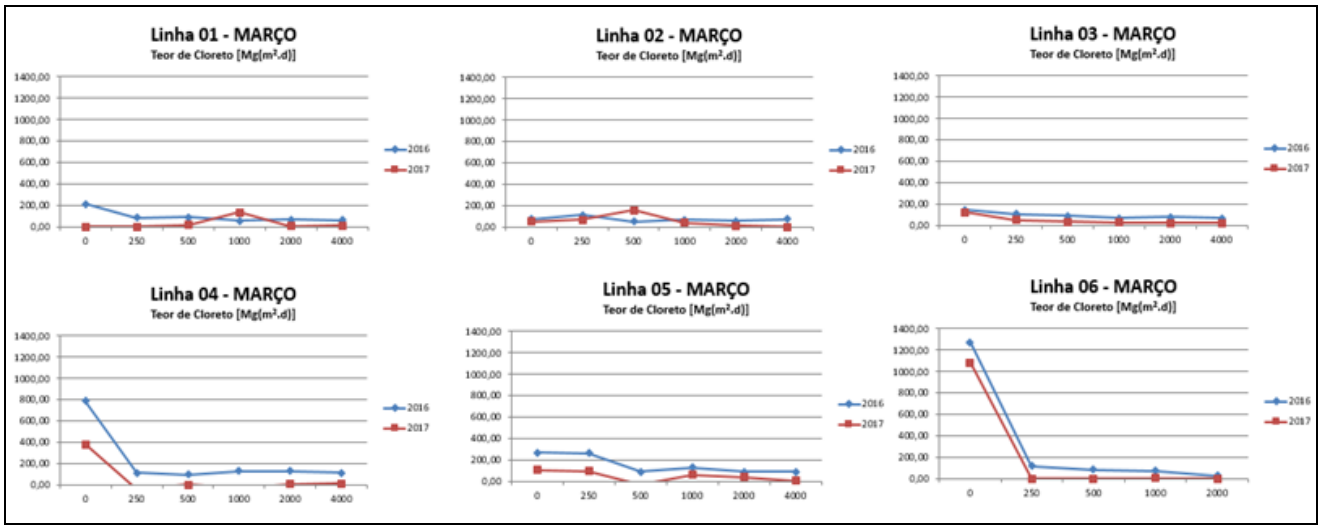


Figura 5 – Gráficos referentes aos resultados da deposição de íons cloreto no mês de março

Na Figura 6, são expostos os gráficos referentes aos resultados no mês de abril.

ISBN: 978-85-65425-32-2

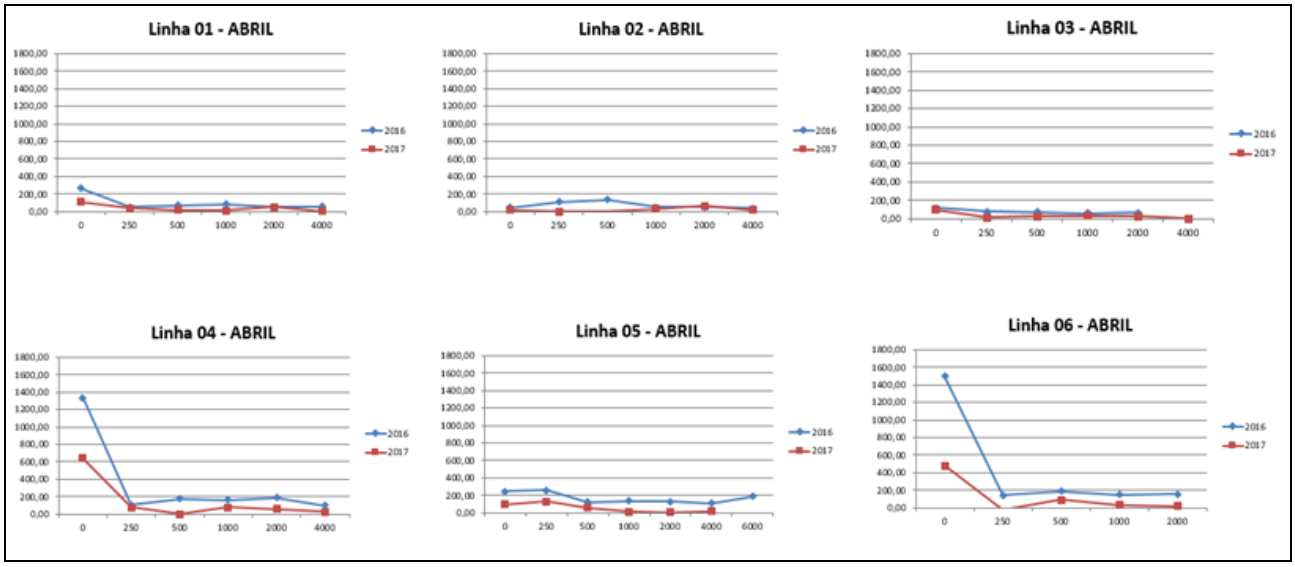


Figura 6 – Gráficos referentes aos resultados da deposição de íons cloreto no mês de abril

Na Figura 7, são expostos os gráficos referentes aos resultados do mês de maio.

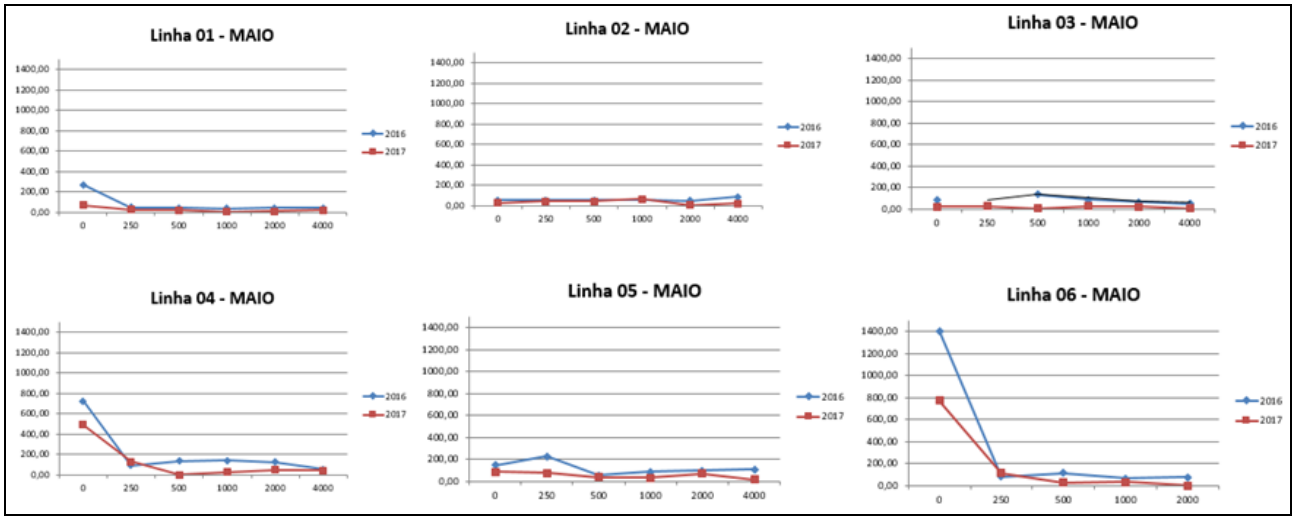


Figura 7 – Gráficos referentes aos resultados da deposição de íons cloreto no mês de maio

Verifica-se nas Figuras 5, 6 e 7 que as linhas 4 e 6 (Praia do Futuro), até 250 metros em relação ao mar, em todos os meses, apresentaram diferenças mais acentuadas nas medições dos teores de íons cloretos comparando-se 2016 com 2017, e que a Praia do Futuro, que contempla as linhas 4, 5 e 6, apresenta maior agressividade que a Praia de Iracema. As linhas 1, 2, 3 (Praia de Iracema) e 5 (Praia do Futuro), no entanto, apresentaram diferenças menos expressivas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

4.2 Fatores climatológicos

A seguir serão expostos os dados coletados da pesquisa referente ao clima nos dois períodos estudados, referente ao vento e a taxa de precipitação pluviométrica. No Quadro 10 encontra-se o resumo destes dados.

Quadro 10 – Dados meteorológicos

Dados Metereológicos		Março	Abril	Maio
Ano 2016	Precipitação	305 mm	378,5 mm	114,8 mm
	Velocidade do vento	3,1	3,1	3,2
	Direção do vento	E/S	E/S	E/S
Ano 2017	Precipitação	478,02 mm	348,7 mm	158,5 mm
	Velocidade do vento	*	*	*
	Direção do vento	E/S	E/S	E/S

Fonte: INMET. Elaborado pelos autores.

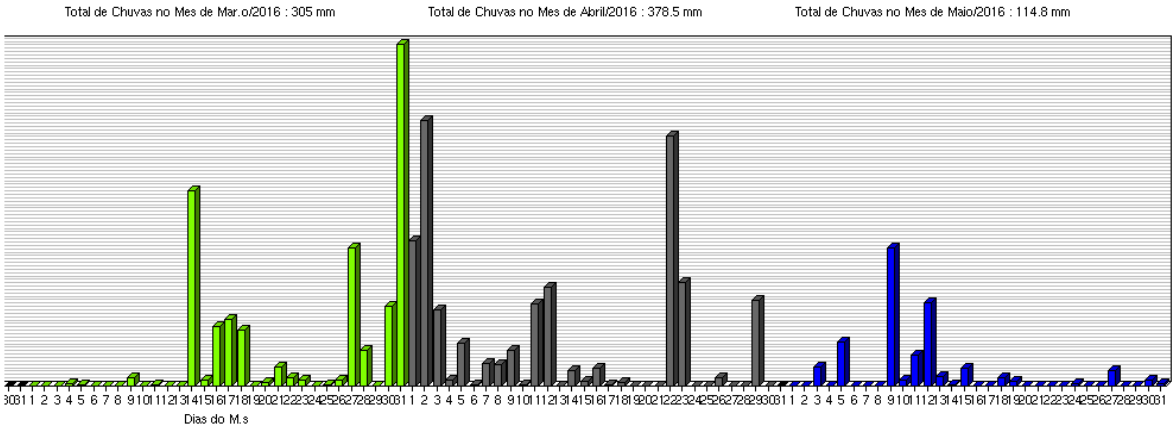
**Até o momento não foram disponibilizados pelo INMET e Funceme os valores referente a velocidade do vento nos meses de março, abril e maio de 2017.*

4.2.1 – Precipitação pluviométrica

Os valores de precipitação pluviométrica obtidos no período examinado encontram-se no Gráfico 1 e 2. Verificou-se, segundo a Funceme – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, que houve um aumento significativo na precipitação volumétrica no ano de 2017 se comparado ao ano de 2016, 2015, 2014, 2013 e 2012, inclusive a última vez que se observou uma quadra chuvosa semelhante foi no ano de 2007. Quanto a previsão para o ano de 2018 ainda não há estimativas.

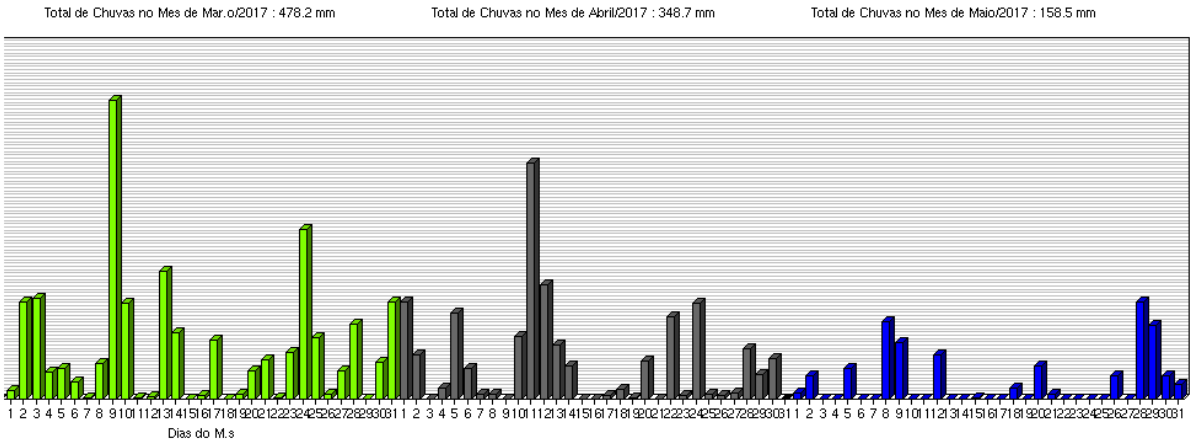
ISBN: 978-85-65425-32-2

Gráfico 4 - Precipitação Pluviométrica (março à abril de 2016)



Fonte: Funceme (2017)

Gráfico 5 - Precipitação Pluviométrica (março à abril de 2017)



Fonte: Funceme (2017)

4.2.2 – Direção e velocidade do vento

O vento tem um papel primordial na formação e no transporte do aerossol marinho. Por esta razão, se verificou como se comportou a ação do vento durante o período de exposição das velas úmidas. No que concerne a direção dos ventos, segundo as informações do INMET, ela apresentou-se predominantemente entre as direções E (Leste) e SE (Sudeste), o que foi verificado e confirmado através da utilização da biruta e bússola nos pontos de coleta de dados. Outra observação a ser feita em relação à direção dos ventos é que estes adentram a cidade de Fortaleza, pela região onde se situa a Praia do Futuro, posteriormente seguindo para a Praia de Iracema e saindo no sentido da cidade de Caucaia.

Quanto às medições da velocidade dos ventos, ao compara-las com o teor de íons de cloro encontrados durante o período de estudo, verificou-se que a variação dessa medição seguiu em concordância com a variação da velocidade dos ventos em cada estação de

ISBN: 978-85-65425-32-2

coleta. Contudo, apesar dos dados obtidos no INMET, verificou-se que a velocidade do vento, varia consideravelmente dependendo da localização do ponto na cidade.

5. Considerações finais

Constatou-se, com os resultados deste estudo, que os teores de cloro medidos em 2016, no geral, foram superiores aos de 2017. Relaciona-se essa diferença a maior incidência de chuvas durante os meses estudados em 2017, tendo em vista que elas ocasionam a redução da concentração de íons cloro no ar atmosférico. Verificou-se que a precipitação pluviométrica teve um aumento significativo no ano de 2017, comparada ao ano anterior.

Verificou-se que há elevada concentração de íons de cloro nos pontos mais próximos ao mar, e a medida que vai se distanciando da orla marítima, nos pontos de medição há o decréscimo da concretração destes íons. Isto é explicado pelo fato de que o aerossol marinho se depõe a medida que se afasta do mar, o que faz com que os pontos mais próximos ao litoral tenham maior concentração de cloretos e os mais distantes menor concentração. Quanto mais forte, porém, os ventos, maior será o alcance da névoa salina sobre a cidade. Quando, no entanto, alguns pontos nas linhas tem medições que não decrescem, mas que tem valores superiores aos dos pontos mais próximos ao litoral, deve-se considerar que houve a interferência de outros fatores, tais como: efeito barreira, altitude, contaminantes, etc.

Outra consideração a ser feita é que a proximidade com o litoral influencia no aumento da quantidade de precipitações, fazendo com que as regiões mais próximas ao mar tenham taxas de precipitação maiores que as regiões interiores do continente, devido à grande evaporação e condensação nessas áreas. Esse fator faz com que aconteça a retirada de aerossol marinho disperso no ar atmosférico. Por essa razão, houve a diminuição de concentração de cloretos captados pelas velas úmidas em 2017, sendo isto mais perceptível na região da Praia do Futuro, nos primeiros 250m, nas linhas 4 e 6.

A Praia do Futuro em 2017 ainda permanece com resultados superiores aos da Praia de Iracema no período estudado. A superioridade desses valores se deve, dentre alguns fatores, ao direcionamento predominante dos ventos que adentram a cidade pelo lado da Praia do Futuro, trazendo toda a carga de aerossol marinho do oceano, a qual vai em direção a Praia de Iracema precipitando-se conforme se distância do mar.

Deve-se levar em conta também que a posição geográfica de Fortaleza, é crucial para a formação do ambiente altamente agressivo na cidade, principalmente, na região em que se encontra a Praia do Futuro.

6. Referências Bibliográficas

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

ISBN: 978-85-65425-32-2

_____. NBR 6211: Corrosão atmosférica - Determinação de cloretos na atmosfera pelo método da vela úmida. Rio de Janeiro, 2001.

_____. NBR 14643: Corrosão atmosférica - Classificação da corrosividade de atmosferas. Rio de Janeiro, 2001.

ABBAS, Saffer; SOLIMAN, Ahmed M.; NEHDI. Moncef L. Chloride Ion Penetration in Reinforced Concrete and Steel Fiber-Reinforced Concrete Precast Tunnel Lining Segments. International Concrete Abstracts Portal. Publication: Materials Journal. v. 111. p. 613-622. 2014.

ALBUQUERQUE, Augusto T.; OTOCH, Sergio. Proposta de classificação da agressividade do ambiente na cidade de Fortaleza. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 47. 2005, Olinda. Anais. Olinda: IBRACON, 2005. p. 743-748.

ALVES, Amara Midia Correa. Contribuição à análise da perspectiva de vida útil de estruturas em concreto face ao teor de cloreto registrado em Maceió-AL. 2007. 121 p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

ANDRADE, Carmem. Manual para diagnóstico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. São Paulo, PINI. 1992. 104 p.

CABRAL, Antônio Eduardo Bezerra. Notas de aula da disciplina Patologia das Edificações. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará. 2014.

CAMPOS, Ana Mara da Rocha. Estudo da agressividade do ar atmosférico de Fortaleza/Ce. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal, Fortaleza, 2016.

CASCUDO, Oswaldo. O controle da corrosão das estruturas de concreto. São Paulo: Pini; Goiânia: UFG, 1997.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meterologia e Recursos Hídricos. Dados Pluviométricos. Governo do Ceará, 2017.

JOHNSON, G. R. The formation and growth of marine aerossol and the development of new tecniques for their in-situ analysis. School of Physical and Chemical Sciences – Australia. 2005.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MEDEIROS, Marcelo Henrique Farias de; ANDRADE, Jairo José de Olivira; HELENE, Paulo Roberto do Lago. Durabilidade e vida útil das estruturas de concreto. In: ISAIA, Geraldo Cechella. Concreto: Ciência e Tecnologia. 1. ed. São Paulo: IBRACON, 2011. Cap. 22.

OLIVEIRA, Paulo Cesar de Moraes. Avaliação do teor de deposição de íons cloreto na atmosfera da Praia de Iracema em Fortaleza/Ce. Monografia em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

PAIVA, Matheus Pedrosa. Análise do teor de deposição de cloretos no ar atmosférico da Praia do Futuro e da Praia de Iracema em Fortaleza/ce. Trabalho de conclusão de curso em Tecnologia em Estradas, Institudo Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

PEREIRA, V. G. A. Avaliação do coeficiente de difusão de cloretos em concretos: Influência do tipo de cimento, da relação a/c, da temperatura e do tempo de cura. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

PORTELLA, Caio Sander Andrade. Avaliação da durabilidade de concretos produzidos segundo a ABNT NBR 6118:2014 e expostos aos cloretos disseminados em névoa salina na Praia do Futuro, em Fortaleza-Ce. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ROMANO, Fátima S. Estudo do ingresso de cloretos em concretos localizados no litoral norte do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

SILVA, Felipe Alisson. S. Avaliação de teor de íons cloreto no ar atmosférico da praia do futuro em Fortaleza/Ce. Monografia em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

TAYLOR, Nancy J.; WU, Jin. Simultaneous measurements of spray and sea salt. Journal of Geophysical Research, v.97, n. C5, p. 7355-7360, 1992.

VILASBOAS, José Marcílio Ladeia. Estudo dos mecanismos de transporte de cloretos no concreto, suas inter-relações e influência na durabilidade de edificações na cidade do Salvador-BA. 2013. 323 pg. Tese (Doutorado em Energia e Ambiente) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia – UFBA, Salvador, 2013.

VILASBOAS, José Marcílio Ladeia.; MACHADO, Sandro Lemos. Uma proposta de classificação da agressividade ambiental para a cidade de Salvador-BA. Revista Estruturas e Materiais. IBRACON. v. 3, n. 2, p. 219 – 247, 2010.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

CATALOGAÇÃO DE FISSURAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS EM BRASÍLIA

Cataloging Of Cracks In Facades Of Residential Buildings In Brasilia

Mayara SANTOS[1], Cláudio PEREIRA[2], Elton BAUER[3], **Valéria** OLIVEIRA[4]
[1] Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, mayjordana@gmail.com
[2] Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, claudiochp@gmail.com
[3] Universidade de Brasília, Brasília, Brasil, elbauerlem@gmail.com
[4] Instituto Federal de Rondônia, Brasília, Brasil, valeria.oliveira@ifro.edu.br

Resumo: As fissuras são patologias que nas fachadas comprometem a sua funcionalidade, afetando também o seu desempenho. O Laboratório de Estruturas e Materiais da Universidade de Brasília (LEM-UnB), há mais de 20 anos vem atuando em inspeções prediais de cunho técnico em Brasília-DF, no âmbito do diagnóstico das patologias e, concomitantemente, vem também alimentando um banco de dados com as informações levantadas nestas inspeções. Este trabalho se insere na necessidade de criar uma metodologia de catalogação das fissuras levantadas a partir destas inspeções, objetivando-se, assim, sistematizar uma parte destas informações e também contribuir para o estudo da degradação das fachadas de edifícios, através da identificação das principais tipificações de fissuras com as suas respectivas regiões de incidência na fachada e mecanismos de ocorrência. Para isto a metodologia utilizada se deu a partir do levantamento dos principais casos de fissuração e classificação de acordo com a região da fachada, envolvendo as etapas de caracterização física, associação de causas primárias, secundárias e sem relação e o seu mecanismo de ocorrência, por fim, reunindo-se estas informações em formato de fichas individuais de catalogação. Através do desenvolvimento de uma metodologia sistemática de catalogação foi possível obter uma melhor organização dos casos de fissuras, identificar as principais tipologias e associálas com as regiões, o que pode vir a facilitar o processo de diagnóstico e compreensão dos principais mecanismos de acordo com a região da fachada em que ela se encontra.

Palavras-chave: Fissuras, Regiões da Fachada; Catalogação.

Abstract: Fissures are pathologies that in facades compromise their functionality, also affecting their performance. The Laboratory of Structures and Materials of the University of Brasília (LEM-UnB), for more than 20 years, has been working in technical inspections in Brasília-DF, in the context of the diagnosis of pathologies and, concurrently, it has also been feeding a With the information collected in these inspections. This work is part of the need to create a methodology for cataloging the cracks arising from these inspections, with the aim of systematizing a part of this information and also contributing to the study of the degradation of building façades by identifying the main typifications Of fissures with their respective regions of incidence in the façade and mechanisms of occurrence. For this, the methodology used was based on a survey of the main cases of cracking and classification

ISBN: 978-85-65425-32-2

according to the region of the façade, involving the physical characterization stages, association of primary, secondary and unrelated causes and its mechanism of occurrence, for Information in the form of individual cataloging sheets. Through the development of a systematic cataloging methodology, it was possible to obtain a better organization of cracks cases, to identify the main typologies and to associate them with the regions, which may facilitate the process of diagnosis and understanding of the main mechanisms according to the region of the facade in which it is.

Keywords: Fissures, Regions of the Facade; Cataloging.

1. Introdução

De acordo com Beasley (2012), as patologias de fachada têm causas diversas, sendo que aquelas que progridem ao longo do tempo comprometendo o desempenho da fachada, normalmente foram originadas em projeto. Nakamura (2004) afirma que a maioria das patologias das fachadas tem origem na fase de execução. As visões destes dois autores caminham em paralelo quando relatam que a ausência de detalhamento construtivo, especificações e do projeto de fachada em si, obriga a tomada de decisão por parte dos construtores no canteiro de obras.

Assim, determinada patologia pode ter origem, quer devido a falhas na fase de projeto, quando os materiais escolhidos não são compatíveis com as condições de uso, ou quando não há um estudo cuidadoso das interações do revestimento com outros elementos do edifício, ou devido a erros na fase de execução, quando a mão de obra não é especializada, ou quando, não há um controle adequado do processo de produção. Estas falhas são potencializadoras ou causadoras dos mecanismos de degradação, quando associadas, por exemplo, às condições de uso e de exposição da edificação (CHAVES, 2009).

As condições que envolvem as variáveis ambientais específicas do meio em que cada edificação está inserida, as condições de uso, as características construtivas, a frequência de manutenção, entre outros, favorecem o surgimento de mecanismos de degradação bastante peculiares. De tal forma que, não é comum encontrar casos idênticos de manifestações de patologia, mas é possível identificar as suas principais tipologias e, muitas vezes, associá-las com as regiões da fachada, buscando reconhecer e apontar os principais fatores comuns entre elas que se caracterizam como desencadeadores de determinadas tipologias.

Assim, o objetivo desta pesquisa é apresentar uma metodologia de catalogação de fissuras mais recorrentes em revestimento cerâmico e argamassado de fachadas de edificações em edifícios no Distrito Federal. Reunindo-se as tipificações mais recorrentes de patologias classificadas conforme as regiões da fachada, gera-se um conjunto de informações que simbolizam um registro único de conhecimento e que consiste numa catalogação de patologias por região da fachada. Dentre as patologias mais típicas em fachadas de edifificações está a fissuração, entao, dentre os casos de fissuras levantados e analisados nas inspeções realizadas pelo LEM-UnB, os mais típicos foram catalogados e as suas respectivas informações, disponíveis em documentos de inspeções, reunidas em fichas catalográficas, que podem voltar a ser consultadas para comparação com novas tipologias,

ISBN: 978-85-65425-32-2

assim como a metodologia desenvolvida pode ser aplicada a estas novas tipologias, ampliando, assim, esta catalogação.

2. Metodologia

A metodologia de catalogação desenvolvida foi divididas em três etapas, que são: Etapa 1 – Levantamento das Fissuras; Etapa 2 – Classificação das Fissuras; e Etapa 3 – Catalogação das Fissuras. As duas primeiras etapas são consideradas como de análise prévia para poder se chegar na Etapa 3, cuja as fissurass já classificadas são catalogadas. Assim, obteve-se da etapa 1 a identificação dos casos levantados e da Etapa 2 a classificação destes casos conforme a região da fachada.

2.1 Levantamento das fissuras

Essa etapa consiste no levantamento das fissuras a partir do acervo fotográfico e mapa de danos das inspeções realizadas *in loco* da equipe do LEM-UnB. O banco de dados utilizado é composto por mais de 50.000 m² de fachadas de edifícios residenciais localizados no Distrito Federal, estes apresentaram patologias e casos de degradação. As fachadas que compõem esse acervo são revestidas totalmente ou parcialmente com revestimento cerâmico ou em argamassa, considerando-se estes dois tipos de sistema de revestimento para análise.

Dentre os dados obtidos através de inspeções, conta-se com um vasto levantamento fotográfico e mapeamentos dos danos da fachada, que foram os objetos de estudo para a realização do levantamento das fissuras nas fachadas neste trabalho. Todos estes estudos foram sintetizados em relatórios de inspeção pela equipe do LEM-UnB e eles serviram de base para avaliação dos casos de estudo, especialmente na fundamentação dos seus mecanismo de ocorrência, pois neles constavam as características da edificação, resultados de ensaios realizados e suas análises, conclusões a respeito das patologias encontradas e anexos com mapeamento de danos. É importante destacar que as informações disponibilizadas pelo LEM-UnB possuíam como propósito atender à demanda técnica e que o banco de dados é constituído por informações de edifícios em condições reais de utilização e de exposição.

2.2 Classificação das fissuras

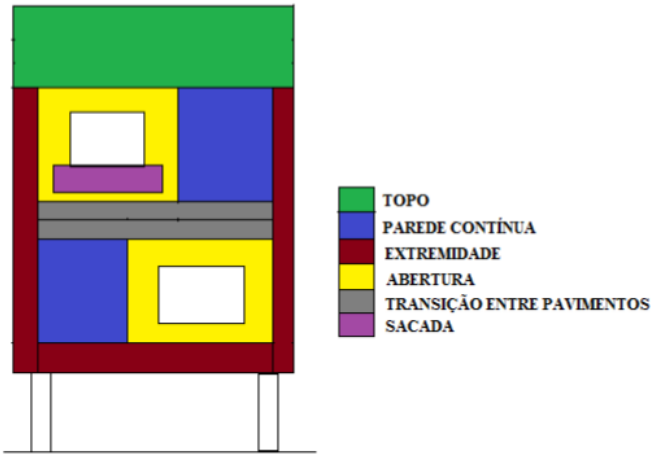
Com base nos trabalhos de SILVA (2014) e SOUZA (2016), foi considerado o estudo de regiões da fachada como fundamentação para a classificação das fissuras. Desta forma, cada região representa uma zona diferente da fachada (Figura 1), que possibilita identificar os comportamentos diferenciados, no que tange à relação entre algumas das principais variáveis intrínsecas ao sistema de revestimento, principalmente sua própria composição (em camadas de diferentes materiais) e seu confinamento (entre vigas e pilares).

Baseado em análises estatísticas apresentadas por Silva (2014), as regiões de transição entre pavimentos (TP) e juntas entre pavimentos (JP) possuem o mesmo comportamento,

ISBN: 978-85-65425-32-2

sendo assim para o presente estudo optou-se por analisar apenas seis regiões de fachada, são elas: (1) parede contínuas (PC) – áreas contínuas; (2) aberturas (AB) – áreas em torno das janelas; (3) sacadas (SC) – áreas de paredes de guarda corpo que se sobressaem do plano de fachada; (4) cantos e extremidades (CE) – áreas de contorno do plano de fachada; (5) transição entre pavimentos (TP) – áreas entre os andares, a cada pé direito; (6) topo (TO) – áreas de platibanda.

Figura 1 – Tipificações de fissuras catalogadas por região da fachada



Assim, as fissuras levantadas na etapa anterior foram classificadas com análise visual conforme a sua região de ocorrência na fachada, concluindo esta segunda etapa de triagem, para em seguida dar início ao processo de catalogação.

2.3 Classificação das fissuras

Nessa etapa as fissuras já classificadas são catalogadas conforme a sua tipologia (ou tipificação). A catalogação proposta se constituirá num conjunto de fichas em que foram analisadas as patologias levantadas através dos estudos do LEM-UnB.

A tipificação, no âmbito desta pesquisa, trata-se de uma avaliação sistematizada das características visuais peculiares de uma determinada manifestação da fissura, para isto, determinaram-se critérios estabelecidos para classificação, intuitivos e conceituais. Em outras palavras, é o estudo dos traços característicos que apresentam um determinado conjunto de patologias, visando definir os seus tipos. A ficha propicia a catalogação e análise individual de cada manifestação, a partir de critérios pré estabelecidos, possibilitando assim uma avaliação mais homogênea para o conjunto.

As causas apresentadas nas fichas foram levantadas através da revisão da literatura e dos estudos dos relatórios de inspeção do LEM-UnB. Foram descritas as principais causas associadas às fissuras de uma forma mais geral, levando-se em consideração os instrumentos que o aplicador da ficha terá para a análise, em que, muitas vezes conta-se

ISBN: 978-85-65425-32-2

apenas com imagens, não sendo possível realizar ensaios ou uma avaliação mais precisa para se apontar uma causa mais específica, mas no campo referente a mecanismos dá-se a oportunidade de detalhar mais as causas, de acordo com a disponibilidade de informações referentes ao caso em análise.

A nomenclatura utilizada para designar cada caso presente na ficha se deu conforme explicitado no Quadro 1:

Quadro 1 – Nomenclatura atribuída as tipificações levantadas

NOMENCLATURA	**X – PATOLOGIA**	**Y – NÚMERO**	**Z - REGIÃO**
Caso X Y Z	F – Fissura	Número do caso, a partir de 1 até a quantidade analisada para determinada região da fachada e patologia.	AB - Aberturas PC - Parede Contínua SC - Sacadas E - Extremidades TP - Transição entre Pavimentos TO - Topo
Exemplo: Caso F1AB – Caso número 1 de fissuração na região de abertura			

2.3 Ficha de catalogação de fissuras

Na etapa de caracterização física foram diferenciadas as formas que as fissuras se apresentavam numa determinada região da fachada, sob os critérios de orientação, configuração, agrupamento, largura, propagação e evolução no tempo, assinalando-se a opção que corresponde à determinada fissura.

Numa outra etapa da ficha buscou-se caracterizar o tipo de sistema de revestimento que determinado caso poderia se manifestar, onde, conforme os objetivos deste trabalho, poderiam se enquadrar no sistema de revestimento em argamassa e/ou cerâmico. Em seguida aponta-se para a origem daquela fissura na fachada, que pode ter se iniciado no sistema de revestimento ou na alvenaria. Segue-se o processo através da atribuição de pesos, de 2, 1 ou 0, para identificação, respectivamente, de causas primárias, secundárias e causas sem relação com a patologia, agrupadas em: falhas de processo referentes a projeto e execução, ações naturais e causas estruturais. Apresentando-se, por fim, sucintamente o seu mecanismo de ocorrência.

A combinação de causa primária e secundária pode dar origem a mecanismos diferenciados que desencadeiam as patologias, tornando-a ainda mais peculiar quando se alia este fator às características próprias do meio de propagação e das condições em que a edificação está inserida de orientação solar, condições de uso, etc.

ISBN: 978-85-65425-32-2

As definições dos critérios contidos na ficha de catalogação de fissuras (ANEXO 1) estão descritas abaixo:

– Caracterização Física: trata-se da tipificação da anomalia baseada em critérios que caracterizam a forma física como ela se manifesta. São eles:

– Orientação: direção em que se propaga o traçado da fissura, podendo ser horizontal, vertical, inclinada ou ainda, mista, quando possuir uma variação entre os três tipos anteriores.

– Configuração: tendência padrão de propagação comum da fissura, podendo ser linear, curvo, em malha ou ainda, composta, quando apresenta mais de um dos tipos anteriores.

– Agrupamento: maneira como as fissuras encontram-se agrupadas, podendo estar num padrão bem definido, repetitivo, ou estarem distribuídas de maneira aleatória. Se a fissuração não se enquadrar nestes dois tipos anteriores é porque ela se manifesta de forma isolada.

– Largura: comportamento da abertura da fissura conforme o seu comprimento, podendo ser com largura constante ou variável.

– Propagação: modo como se desenvolve a fratura que corresponde à fissuração em seu meio. Podendo ser intergranular, quando a fissura caminha no contorno dos grãos; transgranular, quando a fissura se dá através do grão; ou ainda, pode apresentar estes dois tipos de propagação em conjunto. A definição de grão no âmbito de fachada é referente a cada elemento que a compõe, como as vergas e contravergas, blocos, elementos arquitetônicos e estruturais que a compõe.

– Evolução no tempo: Este critério não é analisado através de imagem, por representar um comportamento dinâmico da fissura. Atribui-se uma classificação de evolução no tempo conforme o seu mecanismo, levando-se em consideração o tipo de solicitação atuante.

– Ativa: fissuração que apresenta um comportamento cíclico da sua profundidade e comprimento de abertura, conforme a incidência e magnitude das solicitações, aumentando ou diminuindo.

- Inativa: Fissura que não apresenta comportamento cíclico conforme a solicitação, ou seja, ela não regride após ser cessada a solicitação.

- Viva: Fissura que apresenta um avanço progressivo da sua profundidade de abertura e/ou comprimento com o tempo.

- Morta: Fissura que apresenta um comportamento estático quando avaliada no tempo.

– Sistema de Revestimento: tipo de sistema de revestimento onde aquela fissura pode se manifestar, podendo ser típica à apenas um ou a ambos. Contemplando-se os sistemas de revestimento cerâmico e em argamassa.

– Origem: Subsistema da fachada em que teve início a fissura, podendo ter iniciado na alvenaria ou no sistema de revestimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

– Causa Primária: a causa inicial e principal que desencadeou a ocorrência da patologia.
– Causas Secundárias: causas que por si só não desencadeiam o surgimento da anomalia, mas que aliadas a uma causa primária podem agravar o seu desenvolvimento.
– Mecanismo: espaço livre para descrição sucinta e específica sobre o mecanismo de ocorrência da patologia, relacionando as causas primárias e secundárias, além das características peculiares do caso analisado, não englobadas nos critérios da ficha, mas que contribuem ao esclarecimento do mecanismo.

A ficha, que consta no ANEXO 1, foi aplicada para cada tipificação de fissura levantada, conforme a classificação por região da fachada e dos conceitos descritos acima. No processo de análise assinalava-se a opção que descrevia a fissura em análise e na etapa de atribuição de causas, de acordo com os pesos, relacionava-se a relevância de determinada causa, determinando-a primária ou secundária, para, por fim, descrever o seu mecanismo de ocorrência.

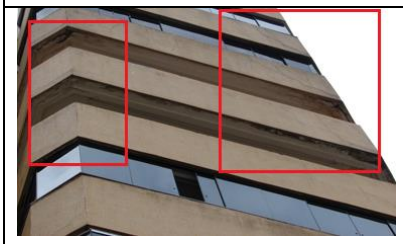
3. Análises da catalogação de fissuras

Foram catalogadas 15 tipificações de fissuras mais recorrentes nas fachadas e classificadas por região, conforme mostrado no Quadro 2. A metodologia de catalogação em fichas foi aplicada para todos os casos e está exemplificada no ANEXO 2.

Quadro 2 – Tipificações de fissuras catalogadas por região da fachada

<table>
<tr><td rowspan="2">ABERTURA</td><td>FIAB</td><td>F2AB</td><td>F3AB</td><td>F4AB</td></tr>
<tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr>
<tr><td rowspan="2">EXTREMIDADE</td><td colspan="2">F1E</td><td colspan="2">F2E</td></tr>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2"> </td></tr>
<tr><td>PAE</td><td>F1PC</td><td>F2PC</td><td>F3PC</td><td>F4PC</td></tr>
</table>

ISBN: 978-85-65425-32-2

SACADA	F1SC			
				
	F1TO	F2TO	F3TO	
TOPO				
DE TRANSIÇÃO PAVIMENTOS	F1TP			

3.1 Análise dos mecanismos constantes nas fichas por região

As principais informações presentes nas fichas individuais de catalogação por região foram sintetizadas e estão abordadas bos tópicos a seguir.

3.1.1 Fissuras na região de Aberturas – Análise

Notou-se que as causas de processo aparecem como primárias quando impactam na distribuição de esforços oriundos da movimentação natural da edificação ao longo da sua vida útil, por ações naturais ou estruturais, de tal forma que não seja adequadamente

ISBN: 978-85-65425-32-2

distribuída no meio, gerando pontos de concentração de tensão que ao ultrapassarem a capacidade resistente do material, causam as fraturas. Então, nas zonas mais enfraquecidas da alvenaria, que são as aberturas, preferencialmente ocorrem estas fissuras. A deficiência nesta absorção de esforços está diretamente associada ao projeto, sendo relativa à ausência ou subdimensionamento de vergas e contravergas. Conforme os relatórios do LEM-UnB, em que em alguns prédios foi constatada a ausência ou ineficiência destes elementos construtivos.

As ações naturais, na maioria dos casos, aparecem como causa secundária, principalmente as de origem física, relativas à movimentação térmica e de umidade nos materiais. A heterogeneidade dos materiais que compõem a fachada geram movimentações diferenciadas provenientes da dilatação, fazendo com que surjam tensões que contribuam para a propagação das fissuras no meio.

3.1.2 Fissuras na região de Extremidade – Análise

De forma geral, as causas estruturais estão associadas distintamente aos mecanismos de fissuração na região de extremidade, dependendo da parte em que se propaga a fissura em análise, podendo ser na extremidade das bordas do primeiro pavimento ou nas extremidades das quinas da edificação (encontro de dois planos). As extremidades do primeiro pavimento caracterizam-se por receber maiores carregamentos que os demais, agravando-se ainda pela descontinuidade ocasionada pela transição desse primeiro pavimento com o pilotis. Quando avalia-se as extremidades nas quinas, tem-se o surgimento de fissuras devido as tensões que se encontram na ligação entre alvenarias e pilar, onde há limitação (restrição) de movimentação imposta pelo elemento estrutural, ou ainda a deformação da laje que gera um deslocamento nos seus vértices, tracionando as alvenarias que estão “amarradas” ao pilar de canto, ou seja, um elemento de maior rigidez que as alvenarias. Esta restrição de movimentação imposta pelo pilar ocasiona fissuras inclinadas em direção as alvenarias.

As ações naturais se sobressaem como agentes secundários nos mecanismos, especialmente as físicas, que ao provocar a movimentação do material, intensificam a propagação das fissuras. Com relação às causas de processo, elas agem em segunda ordem nos mecanismos de fissuração nesta região, destacando-se as deficiências nas ligações entre os subsistemas e materiais da fachada e a concepção, posicionamento ou preenchimento deficiente de juntas.

3.1.3 Fissuras na região de Parede Contínua – Análise

Dentre os casos analisados, as causas relativas às ações naturais destacam-se como frequentes causas primárias das fissuras em paredes contínuas, em particular as de origem química e física. As causas estruturais também aparecem em ordem primária, no que diz respeito as deformações nas estruturas em concreto armado que podem atingir grandezas capazes de fazer com que os seus deslocamentos imponham solicitações às paredes, que conectadas e de certo modo confinadas, passam a apresentar fissuras ocasionadas por movimentações diferenciais.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Como causas secundárias nos mecanismos analisados têm-se as causas de processo, aparecendo em maior frequência, das quais as principais são a dosagem, absorção excessiva e espessura elevada da argamassa de suporte, além do desrespeito entre os tempos de espera entre as camadas do sistema de revestimento. Quando as causas de processo aparecem como primárias, são em mecanismos como o de retração ou de procedimento de acabamento superficial não executado corretamente, atuando conjuntamente com outras causas também em ordem primária de ações naturais.

3.1.4 Fissuras na região de Sacadas – Análise

A fissuração na região de sacadas teve como causa primária as ações estruturais, no que se refere a deformação das peças de concreto em balanço ao longo do tempo, devido ao carregamento. As tensões decorrentes deste deslocamento geram tensões de cisalhamento na alvenaria, ocasionando fissuras que iniciam no vértice da viga. Como causas secundárias neste mecanismo, apresentam-se as solicitações de ações naturais físicas, principalmente as de origem térmica, e também de processo referente à deficiência nas ligações entre a viga do balanço e a alvenaria, que constituem uma zona de fragilidade.

3.1.5 Fissuras na região de Topo – Análise

As causas primárias às fissuras nesta região, nos casos analisados, estão diretamente ligadas às ações naturais de origem física, mais especificamente às movimentações térmicas provocadas pela dilatação da laje de cobertura e isto deve-se a sua maior exposição às radiações solares.

Na literatura descute-se que o processo de fissuração que ocorre nas paredes ligadas a laje de cobertura de uma edificação depende basicamente dos seguintes fatores: diferença entre parâmetros físicos como módulo de elasticidade e coeficiente de dilatação térmica dos materiais que compõem a laje e as paredes; diferentes solicitações por ações térmicas a que estão em geral submetidas a laje e as paredes e a vinculação que as paredes impõem à movimentação da laje. A ação da temperatura sobre a laje tem dois efeitos básicos: provoca variações dimensionais em seu plano, comportamento de membrana, e curvaturas da sua superfície, comportamento de placa. Os efeitos correspondentes ao comportamento de membrana são preponderantes em relação aos de placa.

A radiação solar absorvida pela edificação é transformada em calor que irá alterar a temperatura dos componentes da fachada e da cobertura. Essa variação da temperatura produzirá variações dimensionais que são resultantes da dilatação e contração que todo material apresenta nessas condições. A magnitude dessa movimentação vai depender das características físicas dos materiais, do gradiente de temperatura e da frequência com que ocorre esta variação. Dessa forma, as movimentações dos vários elementos componentes da fachada e da cobertura serão diferentes. Essas fissuras são causadas pela ação da temperatura sobre os diversos elementos estruturais. Eles apresentam diferentes deslocamentos e estando ligados uns aos outros acabam por produzir tensões de cisalhamento que induzem o seu aparecimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Nos mecanismos analisados as causas de ações naturais participaram em ordem primária, enquanto que as estruturais e as de processo, quando atuaram, foi apenas em nível secundário. No grupo de processos pode-se destacar a ligação rígida entre a alvenaria de platibanda e a laje, submetendo a alvenaria a um elevado estado de tensões, como uma causa frequente de fissuração nesta região da fachada.

3.1.6 Fissuras na região de Transição de Pavimentos – Análise

A fissuração nesta região é bastante característica ao que se costuma observar em fachadas, pois ela se apresenta acompanhando a ligação entre a alvenaria e o elemento estrutural, viga ou laje. Por isso, destaca-se a movimentação da estrutura, as deformações diferenciadas entre a estrutura e alvenaria devido às solicitações de origem térmica e de umidade, e também a deficiência na ligação entre eles, como causas primárias da fissuração na região de transição de pavimentos.

Conforme Sahb (2005) o não preenchimento total da região superior de contato da alvenaria com a estrutura, a realização precoce do travamento superior da alvenaria (précarregamento) e a utilização de material de preenchimento de alto módulo de deformação são erros de execução que estão embutidos na deficiente ligação entre a alvenaria e a estrutura. Pois prejudicam a total aderência entre eles, que busca evitar a condição de prétensão na alvenaria que normalmente ocorre quando se faz o encunhamento. É necessário que a ligação se comporte como um “colchão deformável”, amortecendo as deformações estruturais que normalmente são transmitidas às alvenarias.

As causas referentes a processo também aparecem como secundárias, no que diz respeito a distribuição de esforços na edificação, especialmente pela concepção, posicionamento ou preenchimento deficiente de juntas, pois planos preferenciais de cisalhamento, como as ligações entre elementos, são bastante suscetíveis a sofrer com a concentração de esforços.

3.2 Correlação de causa e tipificação da fissura

Os pesos que classificam as causas em primárias e secundárias foram dispostos no Quadro 3 que os correlaciona com as tipificações levantadas de fissuração. As causas foram dispostas nas colunas, segundo o grupo em que se encontram: Estruturais (E), Ações Naturais (AN) e de Processo (P). As tipificações foram dispostas nas linhas e agrupadas por região. As numerações utilizadas seguem a sequência das fichas de catalogação. Assim, é possível relacionar causas e tipificações de fissuração.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 3 – Quadro de correlação de causas e regiões da fachada

CAUSA / REGIÃO		E		AN			P										
		1	2	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
AB	1	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	2	0	0
	3	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
	4	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
E	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	0
	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
PC	1	0	0	2	2	0	0	1	1	0	0	1	2	1	0	0	1
	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	2	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	2	0
	4	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	2	0	0	1
SC	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
TO	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	3	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
TP	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	0

Nos dados dispostos, a partir do Quadro 3, coloca-se que:

– Na região de aberturas, algumas causas apresentam apenas contribuições secundárias nos mecanismos, que são: as ações naturais químicas e biológicas, o Não detalhamento construtivo e a espessura da camada de revestimento. Elas contribuem no processo de degradação, somando-se as causas primárias,

ISBN: 978-85-65425-32-2

potencializando a propagação das fissuras e a degradação, no que diz respeito, principalmente, a penetração e acúmulo de água.

– Na região de aberturas, as deformações que ocorrem nas edificações estão diretamente atreladas aos mecanismos, mas como causa secundária, pois primariamente age a ausência ou subdimensionamento de vergas e contravergas.

– As regiões de extremidades possuem tipologias bastantes características de fissuração, em que as movimentações sofridas ao longo da vida da edificação, de origem estrutural e de ações naturais, interagem com a concepção, posicionamento e preenchimento deficiente de juntas de dilatação e a deficiência nas ligações entre os subsistemas e materiais da fachada, desencadeando os mecanismos de fissura.

– As regiões de paredes contínuas possuem mecanismos bastante distintos de formação de fissuras. Destacando-se a retração, a deformabilidade da estrutura e as movimentações diferenciadas entre os matérias devido as ações naturais e ao modo confinado em que são construídas.

– As sacadas possuem um mecanismo bastante característico de fissuração, devido a deflexão do elemento estrutural em balanço, contribuindo, em grau secundário, a interação da movimentação diferenciada de origem térmica na interface entre o elemento estrutural e a alvenaria.

– A causa primária da fissuração na região de topo é a sua grande exposição às solicitações de origem térmica, aliadas a fatores secundários, como a deficiência nas ligações entre a laje de cobertura e a alvenaria de platibanda.

– Na região de transição entre pavimentos destaca-se a ligação entre alvenaria e estrutura, que representa um plano de clivagem devido ao surgimento das movimentações diferenciadas entre os elementos.

– De forma geral, pode-se destacar a deformação da estrutura e as ações naturais de origem térmica como precursoras da maioria dos mecanismos de fissuração nas fachadas inspecionadas pelo LEM-UnB.

5. Conclusões

Com base no que foi desenvolvido, chega-se as seguintes conclusões:

– A metodologia desenvolvida de catalogação em fichas, com suas etapas de análise de caracterização física, causas e mecanismos, foi eficiente para caracterizar e diferenciar as diversas tipificações fissura que se apresentam nas fachadas do banco de dados do LEM/UnB.

– As terminologias utilizadas nas fichas foram convencionadas conforme a literatura existente, embora houvesse nela grande variabilidade de termos utilizados pelos autores para definir o mesmo aspecto, então, neste trabalho foi estabelecido um padrão das terminologias. A classificação de fissuras por região possibilitou uma melhor compreensão dos mecanismos, levando-se em consideração as

ISBN: 978-85-65425-32-2

características peculiares de cada região, e também a distinção de algumas tipificações que são características de determinadas regiões.

– Através do quadro de correlação identificou-se as causas mais associadas as fissuras e as regiões, verificando também o seu grau de atuação nos mecanismos. Também foi possível estabelecê-los como uma ferramenta de análise inicial e rápida em que se possa relacionar causas e tipificações diretamente, auxiliando no diagnóstico de novos casos de patologias.

Referências Bibliográficas

Beasley, K. J. Building facade failures. Forensic Engineering, v. 165, p. 13-19, 2012.

Chaves, A. M. V. A. Patologia e reabilitação de revestimentos de fachadas. Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho, 2009.

Nakamura, J. Projeto de fachadas. Revista Téchne, v. 92, 2004.

Sahb, C. A. S. Contribuição ao estudo da interface estrutura-alvenaria externa em edifícios verticais. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil, Goiânia, 2005.

Silva, A. F. Manifestações patológicas em fachadas com revestimentos argamassados: estudo de caso em edifícios em Florianópolis. Florianópolis, 2007.

Souza, J. S. Evolução da degradação de fachadas – Efeito dos agentes de degradação e dos elementos constituintes. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Anexos

Anexo 1 – Fichas de catalogação de fissuras

IMAGEM	
CARACTERIZAÇÃO FÍSICA	
Orientação:	
( ) Horizontal	( ) Vertical
( ) Inclinada	( ) Mista
Configuração:	
( ) Linear	( ) Malha
( ) Curva	( ) Composta
Agrupamento:	
( ) Repetitivo/Padrão	( ) Aleatório
( ) Fissura Isolada	
Largura:	
( ) Constante	( ) Variável
Propagação:	
( ) Intergranular	( ) Transgranular
( ) Transgranular e Intergranular	
Evolução no tempo:	
( ) Ativa	( ) Inativa
( ) Viva	( ) Morta
SISTEMA DE REVESTIMENTO:	
( ) Em argamassa	
( ) Cerâmico	
ORIGEM:	
( ) Alvenaria	
( ) Sistema de revestimento	
CAUSAS PRIMÁRIAS / SECUNDÁRIAS	
Pesos atribuídos:	

ISBN: 978-85-65425-32-2

0 – Não há relação entre causa e patologia

1 – Causa Secundária

2 – Causa Primária

Estruturais:

1. ( ) Deformação
2. ( ) Variação das condições de apoio

Ações Naturais:

1. ( ) Física (efeitos do vento e da chuva, movimentos térmicos/umidade)
2. ( ) Química (oxidação, carbonatação, chuva ácida, sais, poluição, etc.
3. ( ) Biológica (vegetação, fungos, insetos, etc.)

Processo (projeto e execução):

1. ( ) Ausência ou subdimensionamento de vergas e contravergas
2. ( ) Desrespeito dos tempos de espera entre as camadas do sistema de revestimento
3. ( ) Dosagem ou preparo inadequado da argamassa
4. ( ) Não detalhamentos construtivos
5. ( ) Concepção/posicionamento/preenchimento deficiente de juntas de dilatação
6. ( ) Espessura da camada de revestimento
7. ( ) Retração
8. ( ) Excesso de desempeno da argamassa
9. ( ) Deficiência nas ligações entre os subsistemas e materiais da fachada
10. ( ) Falhas de aderência entre o revestimento e o substrato
11. ( ) Absorção excessiva do suporte

Mecanismo:

ISBN: 978-85-65425-32-2

Anexo 2 – Exemplo de aplicação da ficha de catalogação

F1AB

IMAGEM:

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Orientação:

( ) Horizontal ( ) Vertical

(x) Inclinada ( ) Mista

Configuração:

(x) Linear ( ) Malha

( ) Curva ( ) Composta

Agrupamento:

( ) Repetitivo/Padrão ( ) Aleatório

(x) Fissura Isolada

Largura:

( ) Constante (x) Variável

Propagação:

( ) Intergranular (x) Transgranular

( ) Transgranular e Intergranular

Evolução no tempo:

( ) Ativa (x) Inativa

ISBN: 978-85-65425-32-2

(x) Viva ( ) Morta
SISTEMA DE REVESTIMENTO: (x) Em argamassa (x) Cerâmico
ORIGEM: (x) Base ( ) Sistema de revestimento
CAUSAS PRIMÁRIAS/SECUNDÁRIAS: ***Pesos atribuídos:*** *0 – Não há relação entre causa e patologia* *1 – Causa Secundária* *2 – Causa Primária* **Estruturais:** 1. (1) Deformação 2. (0) Variação das condições de apoio **Ações Naturais** 1. (1) Física (efeitos do vento e da chuva, movimentos térmicos/umidade) 2. (0) Química (oxidação, carbonatação, chuva ácida, sais, poluição, etc.) 3. (0) Biológica (vegetação, fungos, insetos, etc.) **Processo (projeto e execução)** 1. (2) Ausência ou subdimensionamento de vergas e contravergas 2. (0) Desrespeito dos tempos de espera entre as camadas do sistema de revestimento 3. (0) Dosagem ou preparo inadequado da argamassa 4. (0) Não detalhamento construtivo 5. (0) Concepção/posicionamento/preenchimento deficiente de juntas 6. (0) Espessura da camada de revestimento 7. (0) Retração 8. (0) Excesso de desempeno da argamassa 9. (0) Deficiência nas ligações entre os subsistemas e materiais da fachada 10. (0) Falhas de aderência entre o revestimento e o substrato 11. (0) Absorção excessiva do suporte

ISBN: 978-85-65425-32-2

Mecanismo: Fissuração típica de movimentações atuantes durante a vida útil da edificação que não são totalmente absorvidas pelas contravergas, por serem subdimensionadas ou até mesmo ausentes nessa região, fazendo com que as fissuras, neste caso, se desenvolvam a partir dos vértices inferiores. Os cantos das aberturas consistem em pontos mais vulneráveis à fissuração, pois são regiões naturalmente enfraquecidas, ao nível do peitoril e dos vértices do caixilho, onde ocorre maior concentração de tensões devido à perturbação no andamento das isostáticas de compressão.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

A IMPERMEABILIZAÇÃO COMO CAUSA DE PATOLOGIAS NAS EDIFICAÇÕES

Waterproofing As A Cause Of Pathologies In Buildings

Járdson Macêdo da SILVA[1], Victor Nogueira LIMA[2], Wandson de Freitas PEREIRA[3]
[1] Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte – CE, Brasil, jardsonmacedo@hotmail.com
[2] PUC-RIO, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, eng.vnl@gmail.com
[3] Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte – CE, Brasil, eng.wandsonfreitas@gmail.com

Resumo: Este artigo objetivou mensurar o grau de impacto da impermeabilização como causa das patologias nas edificações. O estudo baseou-se em dados fornecidos por uma construtora, denominada Construtora X para preservar a identidade da empresa, situada na cidade de Juazeiro do Norte – CE. Foram analisados dados referente às solicitações de reparos e custo dos reparos durante o período de junho de 2014 a junho de 2015. A partir destes dados as patologias foram classificadas por ordem de quantidade de solicitações e em seguida por ordem de maior custo, para que se permitisse a identificação da posição da impermeabilização em relação à quantidade de solicitações de reparos e em relação aos custos dos reparos. Ao todo foram realizadas 155 solicitações de reparo e o custo total dos reparos foi de aproximadamente R$180.000,00. Observou-se ao final deste estudo que a impermeabilização é a segunda causa em função da quantidade de solicitações de reparos realizados no ano de estudo, representando 12,3% do total de solicitações, e é a primeira causa em função do custo do reparo com 32,4% do custo total. O que permite concluir que não se deve negligenciar os projetos e a execução das impermeabilizações, pois as chances de que ocorra uma patologia que possui a impermeabilização como causa são elevadas, e o custo de reparo também será elevado.

Palavras-chave: Impermeabilização; Patologias; Edificações; Custo de reparo.

Abstract: This article aimed to measure the degree of impact of waterproofing as cause of pathologies in the buildings. The study based in data provided by a construction company, named X Construction to preserve the identity of the company, located in the city of Juazeiro do Norte-CE. Data were analyzed with regard to requests for repairs and cost of repairs during the period of June 2014 to June 2015. From these data the pathologies were classified according to number of requests and greater cost in order to identify waterproofing relative position in the amount of requests for repairs and cost of repairs. During the period, a total of 155 repair requests were carried out and the total cost of the repairs was approximately R$ 180,000.00. It was observed at the end of this study that the waterproofing is the second most common cause on the basis of the quantity of requests for repairs carried out in the year of study, representing 12.3% of the total requests; and on the basis of the cost of repairing, is the most important cause, with 32.4% of the total cost. It leads to the conclusion that waterproofing should not be neglect in any phase of a building construction project, neither during design nor execution. The odds that waterprofing related pathologys happens are high, representing a also high cost of reparing.

Keywords: Waterproofing; Pathologies; Buildings; Cost of repair.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Desde os primórdios, quando o homem começou a construir as primeiras edificações com o intuito de habitá-las, e passando a utilizá-las como moradia, sua principal função foi de servir como abrigo, protegendo o homem das intempéries do meio ambiente e proporcionando-lhe conforto. Conteporaneamente, o conforto habitacional abrange muito mais aspectos do que a função básica de proteção contra intepéries.

As patologias das construções são um dos principais fatores que podem comprometer o conforto das edificações, podendo prejudicar sua funcionalidade. Entre as patologias observadas com maior incidência nas edificações estão àquelas ligadas às infiltrações e/ou os vazamentos, que além do desconforto causado, também acarretam agressões decorrentes de deteriorações na estrutura e demais sistemas da edificação.

“Em se tratando de impermeabilização em uma construção, mesmo que sejam adotados materiais adequados e de boa procedência, ainda assim não há garantias. Como em todos os serviços de uma obra, mais ainda no caso da impermeabilização, a mão de obra utilizada precisa ser constantemente capacitada.” (LIMA, 2015)

Somado a isso, segundo o que Moraes (2002) constatou através de um questionário aplicado a 16 projetistas estruturais e 56 construtoras, na maioria das vezes tanto os projetistas não fazem as considerações adequadas no cálculo da estrutura, como as construtoras não dão importancia aos sistemas de impermeabilizações na execução.

Em contraponto, é de se esperar que a preocupação das empresas em relação ao sistema de impermeabilização tenda a aumentar devido a obrigação que todo construtor tem, por lei, de proporcionar uma garantia mínima da edificação de de 5 anos, de acordo com Código Civil (Art. 618 da Lei 10.406/02). Anualmente, a média de gastos com assistência técnica de uma grande construtora gira em torno de R$ 2.000.000,00, considerando um estudo realizado por Oliveira (2013).

Para um crescimento competitivo, empresas precisam diminuir custos de todas as áreas possíveis, inclusive no custo de assistência técnica, o que demanda, portanto, uma maior preocupação quanto aos projetos e execução da obra, além de um plano de ação com medidas que busquem evitar gastos pós-ocupação desnecessários. “Como medidas iniciais, cabe destacar a criação de manuais do proprietário, o incentivo de treinamentos para funcionários e o investimento em programas de qualidade.” (OLIVEIRA, 2013).

Quanto aos custos de impermeabilização, Righi (2009) ressalta que se os cuidados necessários na fase de execução não forem tomados e o sistema, posteriormente (após ocupação), vir a falhar será mais oneroso executar a reimpermeabilização e os possíveis reparos do que o que haveria custado uma correta execução na fase de obras, além de trazer transtorno aos usuários.

É visando eliminar tais custos desnecessários e transtornos de manutenção que se faz importante a realização de um rígido controle de qualidade, o que engloba o acompanhamento detalhado dos registros de solicitações de reparo, para que seja possível identificar e focar a atenção nos ítens mais problemáticos, que demandam uma maior quantidade de esforço e recursos financeiros para serem solucionados e que causam os maiores incomôdos ao cliente.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Sendo a impermeabilização um fator-chave nos reparos pós-ocupação dos empreendimentos da construção civil, o objetivo deste trabalho é identificar o peso das patologias relacionadas à impermeabilização em comparação com as demais nas operações de assistência técnica pós-ocupação de uma construtora situada no municipio de Juazeiro do Norte - CE, evidenciando a frequência de solicitação e o custo da solução para as anomalias encontradas.

2. Metodologia

2.1 Área de estudo

A área de estudo deste trabalho consiste do município de Juazeiro do Norte, que está situado no sul do Estado do Ceará, cerca de 563 quilômetros da capital Fortaleza, em uma região denominada Cariri, como mostra a Figura 1. A cidade possui uma extensão média de 248.832 quilômetros quadrados e uma população estimada para o ano de 2015 de 263.704 habitantes (IBGE, 2017).

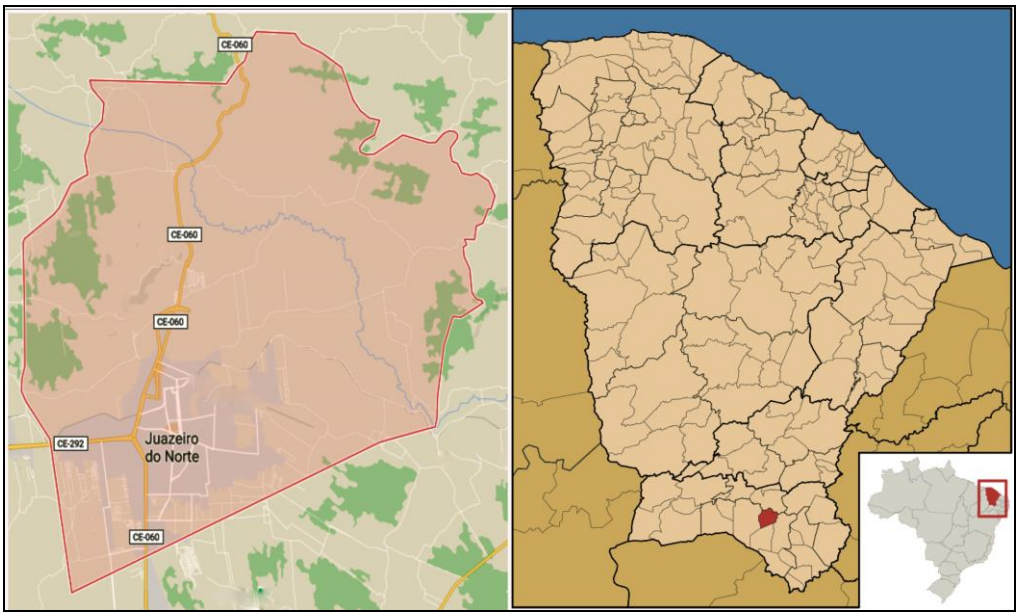


Figura 1 – Localização da área de estudo

Como objeto de estudo deste trabalho, foi escolhida uma construtora situada no município de Juazeiro do Norte que, por escolha de seus diretores, visando preservar identidade, será identificada como Construtora X. A construtora atua no mercado caririense há 11 anos, comercializando serviços e produtos ligados à área da construção civil, com obras e empresas importantes em seu portfólio. A empresa está caracterizada como empresa de médio porte (ME), o que restringe sua arrecadação anual a até R$360.000,00. O público alvo baseia-se em pessoas que desejam construir residências ou pontos comerciais de até quatro pavimentos. A partir do primeiro semestre de 2015, teve inicio a colaboração por parte da Construtora X em ceder dados confidenciais, para a realização deste trabalho, permitindo inclusive, o total acesso às obras, possibilitando o acompanhamento e a conferência dos dados fornecidos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2 Abordagem dos problemas patológicos

Um problema patológico pode ser definido como uma situação em que a construção, não importando o porte, ou parte da construção, num determinado instante da sua vida útil, não apresenta mais o desempenho previsto em projeto. O problema é identificado, de modo geral, a partir das manifestações ou sintomas patológicos que se traduzem por modificações estruturais e ou funcionais no edifício ou na parte afetada, representando os sinais de aviso dos defeitos surgidos (BARROS *et al*., 1997).

A metodologia de trabalho baseou-se na determinação das manifestações patológicas e na sua interpretação, visando à identificação da origem/causa da patologia. Após a coleta e análise dos dados foi analisado o grau de relevância da impermeabilização como origem/causa das patologias, bem como o custo relativo dos gastos referente aos reparos realizados para sanar a patologia. Uma metodologia de ação foi definida, e é explicada nos tópicos que seguem.

2.3 Levantamento de dados

Esta etapa fundamenta-se na obtenção das informações necessárias para que se possa compreender os problemas existentes. Sua estruturação ocorre a partir da elaboração de um quadro geral das manifestações presentes, onde devem ser devidamente relatadas as evidências que provocaram efetivamente o problema. As informações foram obtidas por meio de quatro fontes básicas: vistoria do local; levantamento do histórico do problema e do edifício (anamnese do caso), exames complementares e pesquisa (bibliográfica, tecnológica, científica e normativa). O período abrangido pelos dados deu-se entre os meses de Junho de 2014 e Junho de 2015, equivalente a um ano de dados coletados.

2.3.1 – Vistoria do local

A vistoria do local inicia-se a partir da insatisfação do usuário com o desempenho de algum ponto do empreendimento, acionando um profissional com o intuito de solucionar o problema; ou pode decorrer de um programa rotineiro de manutenção, no qual, através de uma inspeção, constata-se a existência de um problema patológico.

A vistoria segue alguns passos específicos para que se possa chegar a uma conclusão objetiva. Neste sentido, propõe-se a seguir, um procedimento básico para a realização da vistoria do local. É evidente que se trata apenas de um direcionamento das atividades, sendo recomendada uma postura de contínua adaptação ao longo das experiências que forem sendo adquiridas.

I. Determinação da existência e da gravidade do problema patológico

II. Definição da extensão e do alcance do problema

III. Registro dos resultados

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.3.2 – Levantamento do histórico do edifício

Essa fase somente é desenvolvida quando se constata a escassez de subsídios para diagnosticar o problema na fase de vistoria do local. Ela deve ser entendida como uma ação capaz de levantar o histórico do edifício, envolvendo todas as atividades realizadas durante o seu processo de produção que, de alguma maneira, possam ter contribuído para o surgimento do problema. A obtenção das informações sobre as atividades desenvolvidas é proveniente basicamente de três fontes:

a) Investigação com pessoas envolvidas com o empreendimento

Dependendo da fase em que se encontra o empreendimento, pode-se entrevistar um universo variável de profissionais envolvidos, entre os quais destacam-se: operários da obra; fabricantes e fornecedores de materiais; construtores; projetistas; promotor do empreendimento; vizinhos; usuários; entre outros.

b) Análise de documentos fornecidos

Como anteriormente colocado, as informações obtidas das entrevistas podem não fornecer um quadro suficientemente amplo e confiável para o estabelecimento do histórico do caso. Se isto ocorrer, pode-se utilizar como fonte complementar os documentos produzidos durante a realização da obra e no período de utilização do edifício.

Na prática, sabe-se que os documentos produzidos no decorrer da obra quase sempre se encontram desatualizados e incompletos, pois não se disseminou amplamente a sua necessidade e a sua importância. No entanto, podem ser encontrados, em algumas obras, documentos que devem ser investigados, como por exemplo: diário de obra; registro de ensaios para recebimento de materiais e componentes; notas fiscais de materiais e equipamentos; contratos para execução dos serviços; cronograma físico-financeiro previsto e executado; entre outros.

c) Registro dos resultados

O levantamento histórico da edificação, de modo geral, tem documentação muito esporádica e ineficiente, uma vez que essa atividade não é sistematizada. As respostas obtidas verbalmente, por sua vez, não são diretamente conclusivas. Contudo, todas as informações aqui conseguidas devem ser cuidadosamente consideradas, compiladas, utilizadas para a formulação do diagnóstico e, posteriormente, arquivadas. Para que seja estabelecido o diagnóstico nessa fase, faz-se necessária uma reavaliação e confronto dos registros cadastrados na fase de vistoria do local, com aqueles aqui obtidos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.3.3 – Exames complementares

Considerável parte dos problemas patológicos que ocorrem, apresentam sintomas bem característicos, possibilitando a formulação do diagnóstico com a realização das etapas anteriores. Entretanto, quando isto não é possível, podem ser realizados exames complementares que devem ser direcionados e ou solicitados a partir de uma avaliação real de suas necessidades e dos resultados obtidos até então. Estes exames podem ser de duas naturezas: ensaios em laboratório ou no local.

a) Ensaios laboratoriais

Ensaiar e analisar o material significa determinar os valores de propriedades que sejam relevantes ao seu uso. No caso dos revestimentos cerâmicos, por exemplo, podem ser determinadas as características de porosidade, coeficiente de dilatação, resistência de aderência, resistência a ataques químicos, etc., em função de determinada aplicação ou ainda do problema detectado (descolamento, esfarelamento, etc.). Também podem ser ensaiadas as argamassas empregadas, principalmente no que se refere ao seu tempo de vida útil, trabalhabilidade, capacidade de absorver deformações, resistência à compressão, entre outras. Os ensaios laboratoriais, na maioria das vezes, servem para avaliar determinadas amostras, coletadas com o objetivo de quantificar e qualificar os comportamentos físico-químicos dos materiais, procurando reproduzir as condições de exposição a que estão submetidos quando do seu emprego no edifício.

b) Ensaios no local

Estes ensaios caracterizam-se por serem realizados na própria obra a partir de equipamentos específicos, podendo ser de natureza destrutiva ou não destrutiva em função das características a serem avaliadas. Em geral, seu campo de amostragem constitui-se de corpos de provas pertencentes a partes danificadas e outras que não apresentem os problemas. Os resultados obtidos de ambas devem ser devidamente avaliados e comparados entre si.

2.3.4 – Pesquisa

Com os resultados dos ensaios devidamente avaliados e tendo-se chegado à conclusão de que não se consegue diagnosticar o problema, tem-se uma última fase que seriam as pesquisas bibliográficas, tecnológicas e científicas.

Nesta fase, deve-se computar dados a partir do levantamento de informações em textos científicos e ou experimentos em nível de pesquisa tecnológica, buscando encontrar referências análogas à situação encontrada.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.4 Diagnóstico de situação

Uma vez equacionada a primeira etapa, os estudos foram conduzidos para a formulação do diagnóstico do problema, o qual pode ser entendido como o equacionamento do quadro geral da patologia existente. Cabe lembrar, porém, que as patologias constituem um processo dinâmico e assim sendo, as manifestações, numa determinada época, podem apresentar um aspecto completamente distinto que numa outra, estando em constante evolução. Assim, o diagnóstico pressupõe um processo dinâmico que, na realidade, não se inicia somente após a análise dos resultados obtidos no levantamento de subsídios, mas tem início com ele, sendo que todas as informações devem ser interpretadas no sentido de compor progressivamente o quadro de entendimento do problema patológico. De maneira simplificada pode-se dizer que o processo de diagnóstico de um problema patológico pode ser descrito como uma geração de hipóteses efetivas que visam a um esclarecimento das origens, causas e mecanismos de ocorrências que estejam promovendo uma queda no desempenho do produto.

A construtora em estudo possui uma medida específica em que ela consegue fazer um pré-diagnóstico a partir de um banco de dados que relaciona: Falhas Detectadas x Provável Causa x Ação Corretiva.

2.5 Definição de conduta

Esta etapa está relacionada a uma avaliação da necessidade ou não de se intervir no problema patológico, referindo-se, portanto, às alternativas de intervenção e à definição da terapia a ser indicada. Para que se possa chegar a uma decisão, a partir do diagnóstico são levantadas as hipóteses de evolução futura do problema, ou seja, realiza-se um prognóstico, que deve ser baseado em dados fornecidos pelo tipo de problema; estágio de desenvolvimento; características gerais do edifício e condições de exposição a que está submetido. Diante da formulação do prognóstico, onde ficarão evidentes as possibilidades de solução do problema patológico, levantam-se as alternativas de intervenção que, por sua vez, são feitas levando-se em conta três parâmetros básicos: grau de incerteza sobre os efeitos, relação custo benefício e disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços.

O grau de incerteza sobre os efeitos relaciona-se diretamente com a incerteza do diagnóstico formulado, pois este está fundamentado em informações e conhecimentos passíveis de erros.

A relação custo/benefício, por sua vez, estabelece um confronto dos benefícios que possam ser auferidos na obtenção do desempenho requerido, em relação ao custo de sua recuperação no decorrer do restante da vida útil do edifício.

Finalmente, a verificação da disponibilidade de tecnologia para execução dos serviços objetiva realizar um levantamento sobre as condições tecnológicas para a execução dos serviços de intervenção definidos. As condições tecnológicas envolvem a técnica de execução, propriamente dita, os materiais, os equipamentos e a mão-de-obra, necessários à execução dos serviços.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Caso seja empregada uma tecnologia incompatível com o problema ou ainda, caso ocorram falhas na realização dos serviços de manutenção, o mesmo pode ser agravado podendo até mesmo tornar-se irreversível.

2.6 Registro do caso

Equacionado o problema patológico e adotada a conduta, passa-se a confrontação dos efeitos resultantes, com os esperados, gerando uma fonte de informações que retroalimenta o processo de produção do edifício. O registro do caso constitui-se numa fonte importante e segura para consulta, de modo que os problemas detectados possam ser evitados nos novos empreendimentos. Além disso, servem de subsídios essenciais à eliminação do grau de incerteza do diagnóstico de casos semelhantes, no futuro, e para a definição da conduta de intervenção, possivelmente, mais rápida e mais eficiente.

2.7 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada através do banco de dados da Construtora X, e eles apontam os gastos da empresa com as determinadas categorias de causa e o número de solicitações dos clientes para cada categoria de causa. Além disso, destaca-se que todo o estudo foi baseado no intervalo de um ano, começando a análise em Junho de 2014 e finalizando em Junho de 2015, de acordo com o que foi disponibilizado pela empresa em estudo.

Em adição aos dados cedidos pela construtora, foi concedido liberação para acompanhamento de obras e acompanhamento de intervenções em patologias que surgiam nos canteiros. Como a empresa trabalha não só com construções novas, mas também com reparos, é importante salientar que algumas intervenções realizadas pela construtora eram realizadas em obras que não havia sido iniciada por ela. Desta forma, os dados obtidos no intervalo de 06/2014 e 06/2015 representam todas as solicitações feitas à empresa. As análises e descrições das patologias mais recorrentes que foram autuadas durante o período de acompanhamento estão devidamente descritas na seção de estudo de caso.

3. Resultados e Discussões

Baseando-se nos dados fornecidos pela Construtora X, foram geradas a informações anuais sobre a quantidade de solicitações de reparos, e o custo do reparo da patologia em função da sua causa. Os dados tabulados são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Quantidade anual de solicitações e de custo por patologia

SOLICITAÇÃO DE MANUTENÇÃO	QUANTIDADE/ANO	CUSTO/ANO
Alvenarias	2	R$ 2 118.59
Ar Condicionado	3	R$ 3 982.13

ISBN: 978-85-65425-32-2

Esquadrias	16	R$ 9 873.29
Forro de gesso	2	R$ 1 061.27
Impermeabilização	19	R$ 58 375.78
Instalações elétricas	10	R$ 3 708.12
Instalações hidráulicas	64	R$ 19 606.70
Mármores e granitos internos	8	R$ 5 560.91
Pedras decorativas	0	R$ 1 219.07
Pintura e limpeza	14	R$ 22 991.76
Piso e contra-piso	0	R$ 5 333.68
Revestimento cerâmico	15	R$ 7 408.56
Revestimento de argamassa	0	R$ 35 429.18
Telhados	2	R$ 3 277.09
Total	**155**	**R$ 179 946.13**

Analisando os dados obtidos tendo como foco a quantidade de soliticações anual de reparos por patologia, pode-se identificar que a impermeabilização é a segunda patologia em ordem frequencia, representando 12,3% de todas as soliticações de reparos realizadas. A Figura 2 mostra as patologias classificadas em ordem de frequência em função da quantidade de solicitações de reparos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

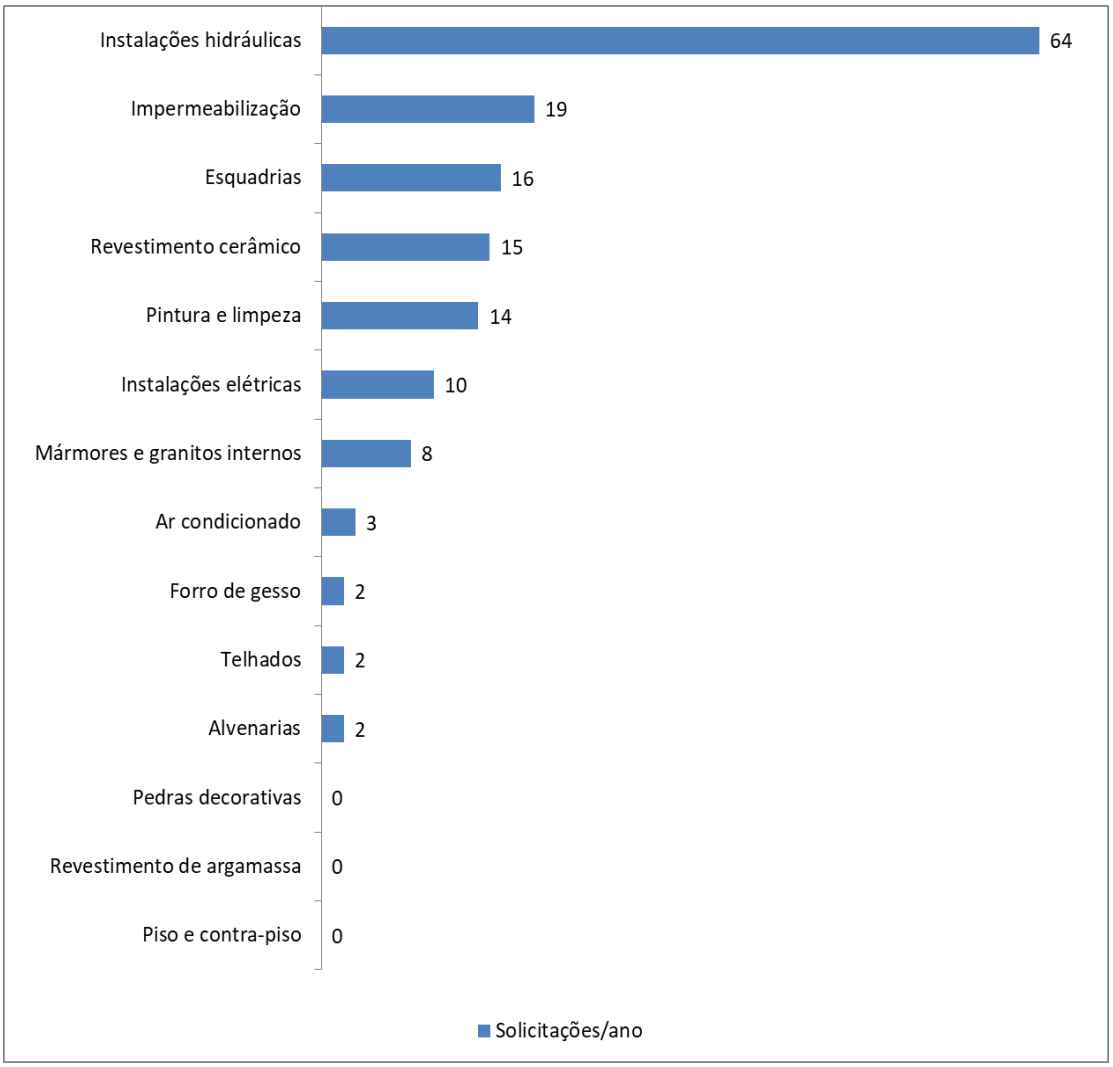


Figura 2 – Gráfico da quantidade anual de solicitações de reparo por patologia

Outra análise relevante é tendo como foco o custo anual por patologia. Observa-se, por este prisma, que a impermeabilização é a patologia com o maior custo anual, com pouco mais de R$58.000,00 gastos em reparos, o que equivale a 32,4% do gasto total com patologias realizado pela Construtora X. A Figura 3 apresenta os custos anuais por patologia.

ISBN: 978-85-65425-32-2

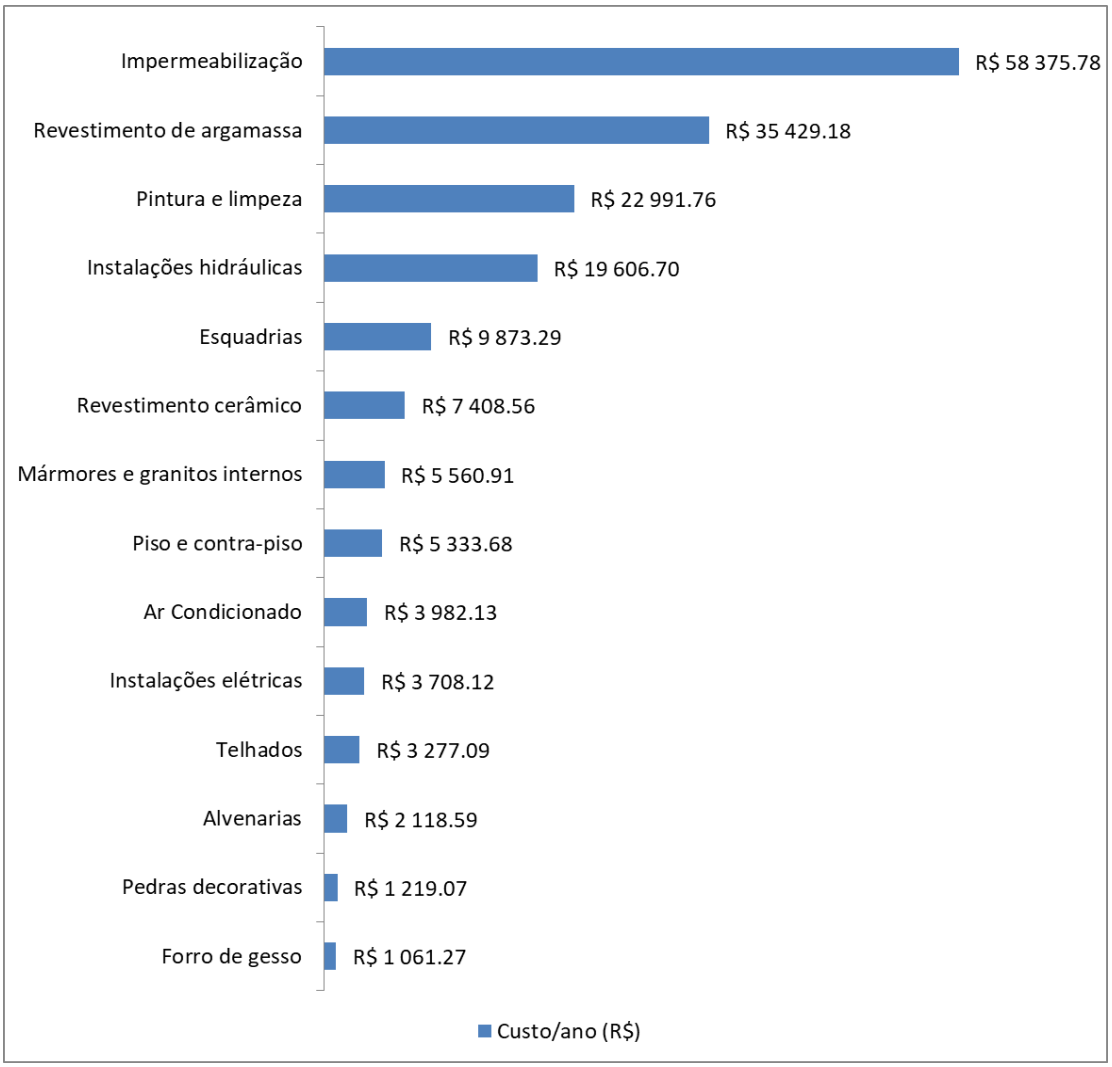


Figura 3 – Gráfico do custo anual por patologia

Através destes resultados pode-se inferir que a impermeabilização é a segunda causa mais frequente de patologias, porém é a primeira causa em relação ao custo, ou seja, os reparos de patologias oriundas da impermeabilização geralmente apresentam custos maiores. Dessa forma, pode-se observar que negligenciar tanto o projeto, quanto a execução da impermeabilização gera elevadas chances de surgimento de uma patologia, e grande impacto no custo com reparos em uma edificação, o que possivelmente reduz a margem de lucro da construtora e reduz a satisfação do cliente com a empresa.

Segue abaixo um caso de impermeabilização como forma ilustrativa do que foi acompanhado durante o período de estudo. Este caso ocorreu em uma obra de reparo em que a construtora não tinha nenhuma ligação à construção no período em que foi realizada, tendo sido contratada apenas para a realização do reparo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.1 Estudo de Caso

A parede em questão é uma parede que limita o terreno da construção e funciona como um muro de arrimo, estando localizada no quintal da casa.

Muros de arrimo reagem ao empuxo da terra por meio do seu peso próprio, havendo para tanto necessidade de suficiente atrito com o terreno. A sobrepressão da água de chuva no tardoz do muro é evitada mediante adequada drenagem, realizada normalmente por meio de barbacãs. Os muros de arrimo podem ser construídos em concreto ciclópico, alvenarias, pedras amarroadas, sacos de solo cimento e outros. Embora apresentem estrutura razoavelmente pesada, podem ocorrer fissuras no corpo do muro, em função de tensões desenvolvida na superestrutura ou mesmo acomodações das fundações. Por esse motivo, havendo necessidade de impermeabilização, recomenda-se o emprego de sistemas flexíveis, mais especificamente mantas asfálticas, mantas de PVC ou outras. Entre a impermeabilização aplicada ao tardoz do muro e o maciço normalmente é introduzida uma camada drenante, através da qual fluirá a água que escorrerá pelos barbacãs.

Neste caso, houve falta de controle no sistema de drenagem do muro, assim como na impermeabilização do mesmo, observar as figuras 4 e 5. Tal negligência gerou onerações para a empresa e para os moradores, o que podia ter sido evitado com um bom projeto prévio e com fiscalização na execução.

Figura 4 – Parede infiltrada 1

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Parede infiltrada 2

4. Conclusões

Através deste trabalho pode-se concluir que as patologias que possuem a impermeabilização como origem, representam um grande impacto nas edificações e consequentemente um grande custo para as construtoras, sendo a primeira causa em termos de custo, representando 32,4% dos gastos com reparos, e a segunda causa em termos de quantidade de solicitações de serviços, com 12,3% em relação às solicitações realizadas durante o ano estudado. Observou-se que, analisando sob o ponto de vista do custo, a Construtora X gastou, no total, aproximadamente R$180.000,00 com o reparo de patologias, das quais R$58.000,00 foram para reparos de patologias oriundas de problemas de impermeabilização. Portanto deve-se evitar negligenciar os projetos e a execução de atividades relacionadas à impermeabilização, pois as chances de gerar uma patologia são elevadas, e caso aconteça os custos com o reparo também serão elevados.

Como prosseguimento a este estudo sugere-se realizar o mesmo estudo em outras contrutoras, tanto da região, quanto de outras regiões, incluindo na análise o impacto das patologias das edificações no nível de satisfação do cliente, buscando identificar quais destas patologias contribuem mais para uma redução do nível de satisfação do cliente e o quão significativa é esta redução.

Referências Bibliográficas

BRASIL. Código Civil. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/L10406.htm>. Acesso em: 30 jun. 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo 2010. Disponível em:

< https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/ce/juazeiro-do-norte/panorama>. Acesso em: 30 jun. 2017.

BARROS, M. M. B.; TANIGUTI, E. K.; RUIZ, L. B.; SABBATINI, F. H. Notas de Aula: patologias em revestimentos verticais. 1997.

LIMA, V. N., Causas Patológicas na Construção Civil: Estudo de Caso em uma construtora do município de Juazeiro do Norte. 2015. 75f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – UFCA. Juazeiro do Norte, Ceará. 2015.

MORAES, C. R K. Impermeabilização em lajes de cobertura: Levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. 2002. 123f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRGS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul. 2002.

OLIVEIRA, D. F. O Conceito de Qualidade Aliado às Patologias na Construção Civil– Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2013.

RIGHI, G. V., Estudo do Sistema de Impermeabilização: Patologias, Prevenções e Correções – Análise de Casos. 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Santa Maria, Rio Grande do Sul. 2009.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS MAIS COMUNS NOS REVESTIMENTOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS, CAMPUS DO SERTÃO

Analysis Of The Most Common Pathological Manifestations In The Coatings Of The Federal University Of Alagoas, Campus Do Sertão

Wiu José de LIMA JÚNIOR[1], **Patricia Figuereido de** SOUSA[2], **Karlisson André Nunes da** SILVA[3]

[1] Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, Brasil, wiujunior@hotmail.com

[2] Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, Brasil, patriciafiguereidodesousa@gmail.com

[3] Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, Brasil, karlisson.andre@gmail.com

Resumo: A partir do projeto de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI), em 2010 foi implantado um novo Campus da Universidade Federal de Alagoas (UFAL) no alto sertão alagoano, situado no município de Delmiro Gouveia-AL, localizado a 300 km da capital do Estado, Maceió. Atualmente, mesmo sendo um prédio novo, verifica-se inúmeras manifestações patológicas presentes na edificação um fato que pode justificar esse aparecimento é que o prédio desde a sua inauguração teve apenas uma manutenção parcial em 2016. Dentre todas as manifestações patológicas encontradas, serão objetivo de estudo, as presentes nos revestimentos internos e externos da sede principal do campus, pois essas geram sensação desagradável criando um ambiente visualmente antiestético. Desse modo, a referida pesquisa tem por intuito analisar as manifestações patológicas no revestimento das paredes presentes no prédio do Campus do Sertão da UFAL. Baseado no exposto, a pesquisa realizada, de maneira simplificada, foi dívida em quatro etapas: Levantamento bibliográfico, escolha da área de estudo e desenvolvimento de listagem, vistoria do local e diagnostico. Como base na inspeção realizada, a análise foi dividida pelo tipo de manifestação observada nas paredes do prédio principal do Campus, sendo estas: infiltração, fissuras e trincas (horizontal, vertical e mapeadas), descolamento de revestimento cerâmico, descolamento de argamassa, descoloração e destacamento da pintura, eflorescência, manchas de sujeira e vegetação parasitária, e a ocorrência de cada uma delas. A inspeção foi realizada auxiliada por um check-list e registros através de fotografias, mapeando as patologias construtivas. A partir dos resultados obtidos no estudo realizado verificasse a importância da inspeção periódica para a garantir o desempenho construtivo das edificações, e consequentemente uma avaliação dos eventuais riscos aos usuários. O estudo tenta mostrar a importância da manutenção preventiva e apresenta técnicas simplificadas para diagnóstico das manifestações patológicas.

Palavras-chave: Patologia em Edificações. Inspeção. Revestimentos.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Abstract: Through the Federal Universities Restructuring and Expansion Project (REUNI), was inplanted in 2010 a new Campus of the Federal University of Alagoas (UFAL) was set up in the high wilderness of Alagoas, located in the municipality of Delmiro Gouveia-AL, far away 300 km from the state capital, Maceió. Currently, even though it is a new building, there are numerous pathological manifestations present in the building, a fact that may justify this appearance is that the building since its inauguration had only a partial maintenance in 2016. Of all the pathological manifestations found, will be the objective of Study, those present in the inner and outer coatings of the main campus campus, as these generate unpleasant sensation creating a visually unsightly environment. Thus, this research aims to analyze the pathological manifestations in the lining of the walls present in the UFAL's Campus of the Sertão. Based on the above, the research carried out, in a simplified way, was debt in four stages: Bibliographic survey, choice of study area and listing development, site survey and diagnosis. As a basis for the inspection, the analysis was divided by the type of manifestation observed on the walls of the main campus building, such as: infiltration, slits and cracks (horizontal, vertical and mapped), ceramic coating detachment, mortar detachment, discoloration and detachment of the paint, efflorescence, dirt spots and parasitic vegetation, and the occurrence of each one of them. The inspection was performed by a checklist and records through photographs, mapping the constructive pathologies. Based on the obtained results in the study carried out, the importance of periodic inspection to ensure the constructive performance of the buildings and, consequently, an evaluation of the possible risks to the users was verified. The study tries to show the importance of preventive maintenance and presents simplified techniques for the diagnosis of pathological manifestations.

Keywords: Pathology in Buildings. Inspection. Coatings.

1. Introdução

O processo de construção e funcionamento de uma edificação, de maneira geral, compreende as fases de projeto, execução e utilização. A ocorrência de defeitos em uma ou mais destas fases ocasiona falhas que podem comprometer a segurança e durabilidade do empreendimento (OLIVARI, 2003).

De acordo com Gonçalves (2015), o termo "patologia", no contexto da Construção Civil, faz alusão a definição encontrada na Medicina que estuda as origens, os sintomas e a natureza das doenças. Deste modo, Patologias em Estruturas são todas as manifestações cuja ocorrência durante a vida útil da edificação venha prejudicar seu desempenho e suas partes (subsistemas, elementos e componentes).

Estes problemas são geralmente causados pelo envelhecimento natural das estruturas ou pela falta de responsabilidade dos profissionais envolvidos ou pela utilização de materiais de má qualidade. Não podendo deixar de citar a falta de importância dada ao bom desempenho na elaboração dos projetos, como também, a não fidelidade em seguir o planejado durante a execução das obras (BRIK *et al*., 2013). Assim, fica evidente a importância de estudos relacionados a essa temática.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Conforme Brik *et al*. (2013) mesmo com o emprego de materiais e técnicas mais modernas dentro de uma construção, ainda é possível observar a ocorrência de inúmeras falhas que compromete a estrutura e/ou originam efeitos estéticos indesejáveis nas construções, causando ao longo do prazo a decomposição dos materiais, e em alguns casos, a impossibilidade de utilização dessa construção.

A partir do projeto de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) ocorreu em 2010 a implantação de um novo Campus da UFAL no alto sertão alagoano, situado no município de Delmiro Gouveia-AL, localizado a 300 km da capital do Estado de Alagoas, Maceió. Atualmente, mesmo sendo um prédio novo, verifica-se inúmeras manifestações patológicas presentes na edificação um fato que pode justificar esse aparecimento é que o prédio desde a sua inauguração teve apenas uma manutenção parcial em 2016.

Dentre todas as manifestações patológicas presentes na edificação, serão objetivo de estudo, as presentes nos revestimentos internos e externos da sede principal do campus, pois essas geram sensação desagradável criando um ambiente visualmente antiestético. Além dessas manifestações serem aparentemente visíveis trazem problemas que estão relacionados ao desempenho da edificação e que podem comprometer a segurança dos usuários, como ocorreu o deslocamento das placas de revestimento do primeiro andar.

Segundo Milito (2009) pode-se observar nas edificações os seguintes fenômenos, prejudiciais ao aspecto de paredes: a pintura acha-se parcial ou totalmente fissurada, deslocando da argamassa de revestimento; há formação de manchas de umidade, com desenvolvimento de bolor; há formação de eflorescência na superfície da tinta ou entre a tinta e o reboco; a argamassa do revestimento descola inteiramente da alvenaria, em placas compactas ou por desagregação completa; a superfície do revestimento apresenta fissuras de conformações variada; a superfície do revestimento apresenta vesículas com deslocamento da pintura; o reboco endurecido empola progressivamente, deslocando do emboço.

Ainda de acordo com esse ator, estes fenômenos podem se apresentar como resultados de uma ou mais causas, atuando sobre a argamassa de revestimento; tais como: tipo e qualidade dos materiais utilizados no preparo da argamassa de revestimento; mau proporcionamento das argamassas; má aplicação de revestimento; fatores externos ao revestimento.

Desse modo, a referida pesquisa tem por intuito analisar as manifestações patológicas no revestimento das paredes presentes no prédio do Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), com sede no município de Delmiro Gouveia-AL. Na Figura 1 observa-se a imagem via satélite da região em que a edificação está localizada e na Figura 2, parte da fachada do prédio principal.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 49 – Localização do Campus do Sertão da UFAL. Fonte: Adaptado do Google Earth (2017)

Figura 50 – Parte da Fachada do Campus do Sertão, Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia

Fonte: Autores (2017)

2. Metodologia

A pesquisa realizada, de maneira simplificada, foi dívida em quatro etapas:

1) Levantamento bibliográfico: previamente foi realizada uma pesquisa bibliográfica englobando os temas relativos a patologia e manifestações patológicas em revestimentos.
2) Escolha da área de estudo e desenvolvimento de listagem, este baseado no levantamento bibliográfico realizado.
3) Vistoria do local: foi realizada uma inspeção visual através de visitas técnicas à edificação, com o intuito de coletar dados e informações acerca das manifestações patológicas presentes na estrutura. Durante a inspeção foi realizado um registro

ISBN: 978-85-65425-32-2

fotográfico, visando fornecer imagens críticas que espelhassem a problemática analisada, e um check-list.

4) Diagnostico: após a inspeção visual foi feita a análise dos dados coletados, visando identificar as prováveis causas que propiciaram o aparecimento das manifestações observadas.

3. Manifestações patológicas observadas

O mapeando das patologias construtivas na área em estudo foi realizado por meio de inspeção minuciosa do revestimento das paredes em que foram feitos registros através de fotografias e de preenchimento de tabela do check-list.

O quadro 1 mostra o resultado do levantamento realizado, por meio dele é possível observar que aa manisfetações que apareceram com mais frequência na edificação estudada foram as fissuras e trincas, com destaque também para: o deslocamento de revestimento cerâmico, o deslocamento de argamassa e a presença de manchas.

Quadro 1 – Check-list das manifestações patológicas observadas

MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA	Nº DE VEZES QUE ESSA MANIFESTAÇÃO FOI OBSERVADA
Infiltração	27
Fissuras e trincas	
Verticais	35
Horizontais	30
Descolamento de revestimento cerâmico	31
Descolamento de argamassa	18
Destacamento com empolamento	30
Descoloração da pintura	6
Destacamento da pintura	16
Eflorescência	15
Manchas	27
Mofo	11
Proliferação de fungos	22

ISBN: 978-85-65425-32-2

A seguir serão expostas algumas das imagens do registro fotográfico realizado com base nos diversos tipos de manifestação patológica observada.

- **Infiltração**

Figura 51 – Mancha de umidade em parede com revestimento cerâmico, parte externa do Campus

Fonte: Autores (2017)

(a) (b)

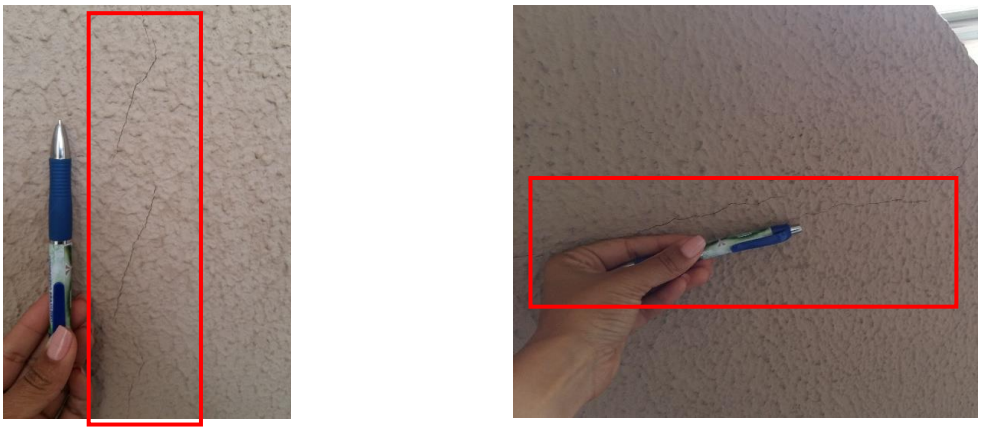
Figura 4 – Acúmulo de água no piso e nas paredes do primeiro pavimento ocasionado por vazamentos no teto

Fonte: Autores (2017)

Foram observados acumulo de água nas paredes e nos pisos ocasionados por dois motivos, o primeiro devido a instalação incorreta de condicionadores de ar em algumas salas (Figura 3) e o segundo devido a problemas no teto em algumas partes do Campus, o que em períodos chuvosos fazem com que algumas áreas do campus sofram com o acumulo de água (Figura 4). Tal problemática requer atenção uma vez que a presença de água propicia o surgimento de fungos e fragiliza alguns tipos de materiais, como a madeira.

ISBN: 978-85-65425-32-2

- Fissuras e trincas



(a) (b)

Figura 5 – Fissuras verticais e horizontais

Fonte: Autores (2017)

Durante a inspeção foram observados a existência de fissuras em várias paredes do campus, tanto na vertical (Figura 5(a)) como na horizontal (Figura (b)), algumas fissuras tinham extensão de mais de um metro. O aparecimento de fissuras horizontais está relacionado a expansão da argamassa e em outros casos devido a flexão da viga e as verticais pelo enfraquecimento, geralmente, pela presença de tubos e eletrodutos.

- Descolamento de revestimento cerâmico

Figura 6 – Descolamento do revestimento cerâmico parte externa da edificação analisada

Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

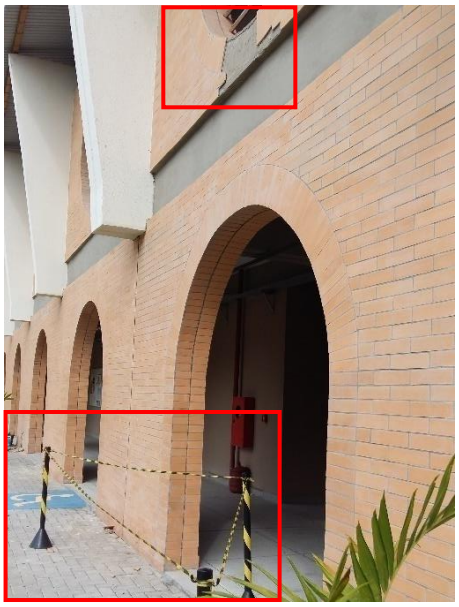


Figura 7 – Área interna do campus isolada em ponto de descolamento do revestimento cerâmico

Fonte: Autores (2017)

Em todas as paredes com revestimento cerâmico, pode-se notar vários pontos com descolamento do revestimento (Figura 6), em alguns casos, a área teve que ser isolada para que não ocorressem acidentes durante a passagem de pessoas (Figura 7). As causas mais comuns dessa manifestação são inexistência de juntas de movimentação, deficiências na execução do assentamento e até a falta de rejunte (BAUER, 2010).

- Descolamento de argamassa

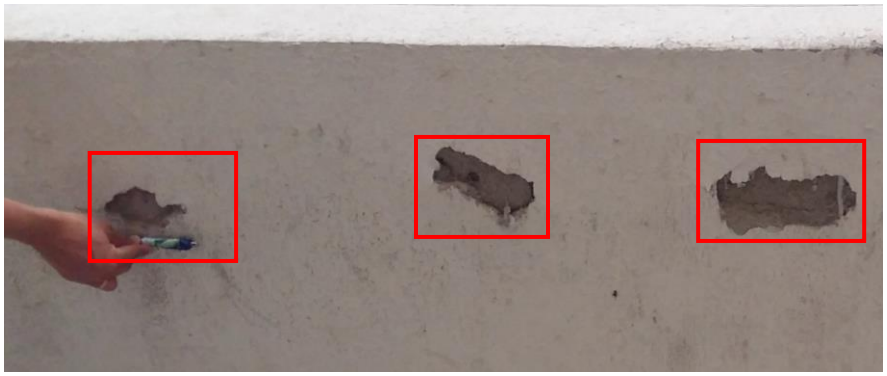


Figura 8 – Descolomento de argamassa

Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

O descolamento de argamassa é uma manifestação patológica que ocorre quando o reboco se solta da parede. Na área de estudo, esse tipo de manifestação se repete em vários pontos. As causas prováveis compreendem a infiltração de umidade e a existência de cal parcialmente hidratada na argamassa que, ao se extinguir depois de a plicada, aumenta de volume e se expande (CINCOTTO, 1988), o que está representado na Figura 8.

- Descoloração e destacamento da pintura

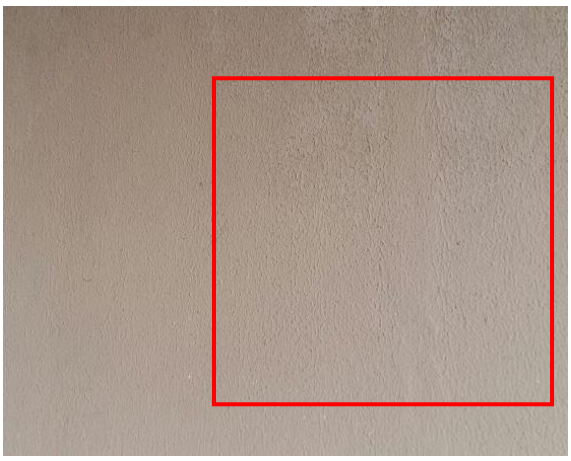


Figura 9 – Manchas oriundas do processo de despigmentação natural

Fonte: Autores (2017)

O surgimento de manchas na pintura, oriundas do processo natural de despigmentação pode ser observado em vários pontos da edificação, principalmente nas paredes expostas diretamente a ação do solo, como mostrado na Figura 9.

Figura 10 – Destacamento da pintura, térreo

Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Em vários pontos pode-se observar o destacamento da pintura, tanto em virtude da colagem de cartazes e panfletos como de problemas inerentes ao acabamento feito na edificação (Figura 10). Esse tipo de patologia causa principalmente desconforto estético aos usuários da edificação.

- Eflorescência

Figura 11 – Eflorescência em parede no primeiro andar

Fonte: Autores (2017)

Durante a verificação de algumas paredes, foi possível observar a existência de manchas esbranquiçadas características de eflorescência. A eflorescência é causada como citado por Taguchi (2010) pela coexistência de três condições: presença de sais solúveis nos materiais ou componentes; presença de água e pressão hidrostática necessária para que a solução migre para a superfície. Na Figura 11, a problemática encontra-se refletida.

- Manchas de sujeira e vegetação parasitária

Figura 12 – Mancha de sujeira

Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Apesar de afetar apenas a parte estética da edificação, as manchas de sujeira são consideradas como manifestação patológica, uma vez que, este aspecto causa desconforto ao usuário da edificação. Tal manifestação é decorrente do uso normal da edificação (Figura 12).

Figura 13 – Mofos e bolores, parede externa da edificação

Fonte: Autores (2017)

Na edificação em estudo foi observada a presença de manchas características da proliferação de mofos e bolores (Figura 13), nesses locais era possível notar a presença de excesso de umidade, uma das causas mais comuns desse tipo de manifestação patológica.

- Deslocamento com empolamento da pintura

Figura 15 – Empolamento da pintura

Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 16 – Deslocamento com empolamento da pintura

Fonte: Autores (2017)

O empolamento da pintura corresponde a formação de bolhas na película de tinta, cujos diâmetros tendem a aumentar progressivamente. Normalmente, este tipo de manifestação patológica é causada pela presença de umidade no substrato. Na Figura 15 é possivel observar o empolamento da película de tinta e na Figura 16, o descolamento película de tinta devido ao empolamento anterior.

4. Conclusões

O conhecimento sobre a identificação das manifestações patológicas em edificação é de suma importância para aplicação de medidas preventivas e corretivas acerca dessa problemática. Uma vez que, a realização de inspeções tem papel fundamental para a manutenção da segurança, funcionalidade e vida útil das construções.

Através deste estudo, percebe-se a grande quantidade de manifestações patológicas que pode atingir o revestimento de uma edificação, sendo essas manifestações sinônimos de descaracterização estética e funcional.

Na edificação em estudo, pode-se listar 11 tipos de manifestações patológicas, das quais teve-se destaque, a presença de trincas e fissuras, o deslocamento de revestimento cerâmico e de argamassa e a presença dos mais variados tipos de manchas, estas relacionadas a: umidade, sujeira, proliferação de vegetação parasitária, descoloração natural da pintura e eflorêscencia.

Dentre as manifestações que apareceu com mais frequência deve-se ter um estudo especial relativo as trincas e fissuras, pois os danos relacionados a estas manifestações podem atingir diferentes níveis em uma edificação. Em geral as fissuras presentes na alvenaria representam menores riscos do que as em vigas e pilares, embora o estudo delas são de suma importância para a manutenção da sanidade da edificação.

Além da manifestação citada, deve-se ter um cuidado especial com o revestimento cerâmico que podem trazer problemas relacionados a segurança direta dos usuários, como é observado na Figura 7 deste, em que o local teve que ser interditado devido ao

ISBN: 978-85-65425-32-2

deslocamento de um número considerável de placas de revestimento cerâmico do primeiro andar.

A presença dessas manisfestações servem de alerta em virtude da pouca idade da edificação, deixando margem para a necessidade de realização de outros estudos abragendo:

1) O levantamento das manifestações patológicas nas instalações hidrossanitárias;
2) O levantamento das manifestações patológicas nas vigas e pilares;
3) O levantamento das manifestações patológicas na coberta da edificação;
4) Estudo da aplicação de medidas corretivas e preventivas do surgimento de patologias.

Referências Bibliográficas

Bauer, R. J. F. (2010). Falhas em revestimentos. In: L. A. Falcão Bauer. (Org.). Materiais de construção. 5ed.Rio de Janeiro: LTC, 2, 903-945.

Brik, E. M. J., Moreira, L. P., Krüger, J. A. (2013). Estudo das patologias em estruturas de concreto provenientes de erros em ensaios e em procedimentos executivos. 8ª Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos, Ponta Grossa, agosto de 2013.

Cincotto, M. A. (1988). Patologia das argamassas de revestimento: análise e recomendações. In:Tecnologia de edificações. São Paulo: PINI.

Gonçalves, E. A. B. (2015). Estudo de patologias e suas causas nas estruturas de concreto armado de obras de edificações. 2015. 174 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

GOOGLE. Google Earth 2017. Campus do Sertão da Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia. Disponível em: < https://earth.google.com/web/>. Acesso em: 05 de maio de 2017.

Lichtenstein, N. B. (1985). Patologia das Construções: procedimento para formulação do diagnóstico de falhas e definição de conduta adequada à recuperação de edificações. São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1985. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo.

Milito, J. A. (2009). Técnicas de construção civil. Disponível em:<http://demilito.com.br/apostila.html>. Acesso em: 14 de maio de 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Olivari, G. (2003). Patologia em edificações. 2003. 95 f. Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.

Taguchi, M. K. (2010). Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2010. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná.

Thomaz, E. (1989). Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: PINI.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

INSPEÇÃO PREDIAL: UM ESTUDO DE CASO DA LEI MUNICIPAL 9.913 DE FORTALEZA/CE

Building Inspection: A Case Study In Municipal Law 9.913 Of Fortaleza/CE

Jeferson Spiering BÖES[1], **Bill Clinton Torquato de** AMORIM[2,]

[1] Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Brasil, boes.jeferson@gmail.com

[2] Faculdade Ari de Sá (FAS), Fortaleza, Brasil, amorim.bill@gmail.com

Resumo: O paradigma das manifestações patológicas em edificações não se encontra em como solucioná-las, mas sim, identificar e como evitar sua ocorrência A inspeção predial tem se destacado fortemente no cenário técnico e no cotidiano da população seja por normativas ou por fatos e desastres ocorridos nos centros urbanos. Ela possui destaque, por ser uma forte ferramenta na identificação e no diagnóstico de manifestações patológicas em edificações. O presente estudo apresenta um estudo de caso de Inspeção Predial realizado na cidade de Fortaleza/CE em atendimento da Lei Municipal 9.913. Destaca-se como resultados da inspeção predial, o diagnóstico de 528 desconformidades distribuídas por 14 sistemas construtivos da edificação. A inspeção predial permitiu (*i*) identificação das manifestações patológicas e falhas; (*ii*) o correto diagnóstico e prognóstico, (*iii*) a priorização das desconformidades e, (*iv*) orientação aos condôminos quanto a situação de manutenção da edificação, como as medidas saneadoras à serem realizadas. Como contribuição, este artigo se propõe apresentar uma aplicação de inspeção predial, baseada em uma lei municipal, adotando uma metodologia integradora.

Palavras-chave: Inspeção Predial. Manutenção. Estudo de Caso. Fortaleza. Lei 9.913

Abstract: The paradigm of pathological manifestations in buildings is not in how to solve them, but rather, to identify and how to avoid their occurrence. The building inspection has stood out strongly in the technical scenario and in the daily life of the population, whether by normative or by facts and disasters that occurred in the urban centers. It stands out because it is a strong tool in the identification and diagnosis of pathological manifestations in buildings. The present study presents a case study of Predial Inspection carried out in the city of Fortaleza / CE in compliance with Municipal Law 9,913. It stands out as results of the building inspection, the diagnosis of 528 disagreements distributed by 14 construction systems of the building. The land inspection allowed (i) identification of pathological manifestations and faults; (Ii) correct diagnosis and prognosis, (iii) prioritization of nonconformities, and (iv) guidance to condominium owners regarding the maintenance of the building, as sanitation measures to be carried out. As a contribution, this article proposes to present an application of building inspection, based on a municipal law, adopting an integrative methodology.

Keywords: Building Inspection; Maintenance; Case Study; Fortaleza; Law 9.913

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

É de conhecimento técnico que os sistemas e elementos construtivos necessitam de atividades de manutenção ao longo de sua vida útil, para garantir níveis aceitáveis de desempenho e de segurança, originalmente previstos em projeto. A inexistência de Manutenção nos edifícios causa prejuízo funcional aos sistemas, perda precoce de desempenho e redução do prazo de vida útil. Logo, quando não se faz Manutenção, os gastos com reparos corretivos e reformas são maiores e ocorrem de forma mais acentuada e precoce nos edifícios. Importante observar, ainda, que a Manutenção garante a funcionalidade e, principalmente, a segurança do uso das instalações e sistemas da edificação. (IBAPE, 2012a).

Acompanhando a tendência nacional, a cidade de Fortaleza/CE, através da Lei Municipal 9.913 cria a lei de inspeção predial, na qual estabelece a obrigatoriedade de vistoria técnica, manutenção preventiva e periódica das edificações e equipamentos públicos e privados. (FORTALEZA, 2012). O presente trabalho apresenta um estudo de caso realizado na cidade de Fortaleza, onde foi realizado a inspeção predial adotando as metodologias propostas por IBAPE (2012b), IBRAENG (2015), Kepner e Tregoe (1991), Verzola *et al*. (2014) e Rocha (2016), buscando integrar as metodologias propostas, de modo a promover uma metodologia de inspeção predial com visão sistêmica e integradora.

2. Inspeção Predial

A inspeção predial é a atividade que possui norma e métodos próprios, classificando as deficiências diagnosticadas nas edificações com visão sistêmica, apontando o grau de risco observado e direcionando os investimentos na edificação nas adequações do plano de manutenção. (IBAPE, 2012a). Ela é uma avaliação do estado da edificação da edificação e de suas partes constituintes, realizada para orientar as atividades de manutenção. (NBR 5674:2012). Trata-se de um checkup da edificação, visando à boa qualidade predial e também a boa saúde de seus usuários, (GOMIDE *et al*., 2014) sendo considerada uma análise isolada ou combinada das condições técnicas, de uso e de manutenção da edificação (IBAPE, 2012) resultantes em um laudo (IBRAENG, 2015). Na prática, é uma avaliação com o objetivo de identificar o estado geral da edificação e se seus sistemas construtivos, observados os aspectos de desempenho, funcionalidade, vida útil, segurança, estado de conservação, manutenção, utilização e operação, consideradas às expectativas dos usuários. (IBAPE, 2012a).

Os estudos sobre inspeção predial iniciou-se na década de 90, a partir de trabalhos apresentados no congresso do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE). Desde então a evolução da disciplina e sua aplicação foram evoluindo crescentemente, chegando nos dias de hoje como uma atividade de destaque no cenário atual. Na sua origem, a disciplina tinha como foco a segurança predial como o elemento principal à ser inspecionado. No entanto, com a evolução das técnicas e do entendimento, passou-se a ter o entendimento da qualidade total da edificação. (GOMIDE *et al*., 2014) A quadro 1 apresenta o histórico da inspeção predial.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 1 – Histórico da Inspeção Predial

Ano	Ocorrido
1989	Entra em vigor a ABNT NBR 5674: Manutenção dos edifícios – procedimento
1997	Publicação do livro “A Saúde dos Edifícios”, realizado pelo IBAPE/SP e CREA/SP.
1998	A obrigatoriedade da Inspeção Predial é assunto discutido em Porto Alegre, no Congresso de Perícias de Engenharia e Avaliações, através de trabalho técnico apresentado pelo Eng° Tito Lívio F. Gomide, considerados os acidentes prediais ocorridos naquela oportunidade.
200	Fundada a Câmara de Inspeção Predial do Ibape/SP.
2003	Publicação e aprovação da Norma de Inspeção Predial do Ibape/SP.
2005	Primeira revisão daNorma de Inspeção Predial do Ibape/SP, coordenada pelo Eng° Milton Gomes.
2005	Realização pelo Ibape/SP do Seminário de Inspeção Predial e Manutenção.
2005	Publicação pelo Ibape/SP, através da editora LEUD, do livro: “Inspeção predial: check up predial e guia da boa manutenção”.
2007	A Câmara de Inspeção predial do Ibape/SP realiza a segunda revisão da Norma de Inspeção Predial do Ibape/SP, coordenada Eng° Milton Gomes
2009	O Ibape/SP e outras entidades, junto com o sistema CREA, elaboram as Diretrizes para a Inspeção Predial em Estádios de Futebol.
2009	Entra em vigor o Decreto Federal 6.795 de 16/03/2009, que obriga as inspeções prediais nos estádios de futebol e a Portaria 124 do Ministério dos Esportes, que regulamenta o decreto.
2009	Publicação e aprovação da Norma de Inspeção Predial do Ibape Nacional
2009	A Câmara de Inspeção Predial do Ibape/SP apresenta estudo sobre Acidentes Prediais e as Defi ciências com a Manutenção, coordenada pela Engª Marli Lanza Kalil.
2011	A Câmara de Inspeção Predial do Ibape/SP realiza a terceira revisão da Norma de Inspeção Predial do Ibape/SP, coordenada pelo Engº Vanderley Jacob Junior.

ISBN: 978-85-65425-32-2

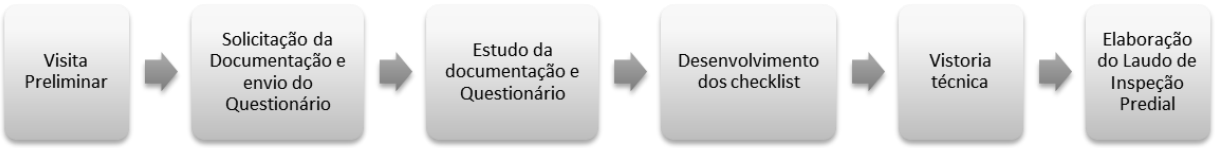
2011/2012	A ABNT revisa a norma NBR 5674.

Fonte: IBAPE (2012)

3. Estudo de caso

O estudo de caso foi realizado em uma edificação residencial multifamiliar, situada na cidade de Fortaleza/CE, em virtude do atendimento da Lei Municipal 9.913 de 2012. O estudo de caso foi divido em 4 etapas, conforme a figura 1.

Figura 1 – Delineamento do estudo de caso



Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.1 Visita Preliminar

A primeira atividade do processo de inspeção predial foi realizar uma visita preliminar na edificação, para coletar informações acerca da edificação em estudo. Nesta etapa, buscou-se entender (*i*) padrão e complexidade da edificação e de seus sistemas construtivos; (*ii*) área construída; (*iii*) número de pavimentos; (*iv*) equipamentos instalados; (*v*) idade da edificação. As informações coletadas preliminarmente têm papel crucial na definição do Nível de Inspeção Predial e servir como subsídio para o planejamento da inspeção.

3.2 Solicitação da documentação e envio do questionário

A relação de documentos é baseada pelo IBAPE (2012b), em que é encaminhada ao síndico da edificação. Foram desenvolvidos dois questionários: (*i*) Condômino; (*ii*) responsável legal, onde buscou-se coletar informações dos usuários da edificação acerca de problemas atuais e antigos, como também, sobre os procedimentos de manutenção da edificação. A figura 2 apresenta um modelo do questionário enviado.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 2 – Questionário Responsável Legal (parcial)

	QUESTIONÁRIO RESPONSÁVEL LEGAL INSPEÇÃO PREDIAL	**IP-QES-002**	
		Rev.: **1**	Folha: **1/3**
Nome		Função	
DOCUMENTOS			
A edificação possui o Manual de Uso, Operação e Manutenção?			
A edificação possui o Plano de Manutenção, Operação e Controle da Edificação?			
Há o Relatório de Inspeção Anual de Elevadores (RIA)?			
Existe o Atestado do Sistema de Proteção a Descarga Atmosférica (SPDA)?			
Há o Certificado de limpeza e desinfecção dos reservatórios?			
Há o Relatório das análise físico-químicas de potabilidade de água?			
Foi realizado o texte de estanqueidade do sistema de gás?			
Há Relatórios de ensaios tecnológicos (caso realizado)?			
Há Relatórios dos Acompanhamentos das Manutenções do Sistema de Ar Condicionado?			
Há Relatórios deos Acompanhamentos das Manutenções dos Motores e Bombas?			
Há Relatórios dos Acompanhamentos e Manutenções dos Geradores?			
Há Relatórios dos Acompanhamentos das Manutenções do Sistema de CFTV?			

ISBN: 978-85-65425-32-2

Há Relatórios dos Acompanhamentos das Manutenções do Sistema de Automação?	
Há Relatos dos Acompanhamentos das Manutenções do Sistema de Iluminação de Emergência?	
Há outros relatórios de manutenção? Caso positivo, descreva.	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.3 Estudos da documentação e questionário

Os estudos da documentação e do questionário servem como uma pré-análise da edificação, obtendo maiores informações em projetos, especificações, manutenções realizadas, como também histórico de não conformidades ocorridas ao longo do tempo. Esta pré-análise servrá para a realização do correto diagnóstico em campo. O inspetor deverá descrimar no laudo a relação de documentos solicitados e as recebidas.

3.4 Desenvolvimento dos *checklists*

Os *Checklist* são formulários elaborados pelos inspetores para verificação e anotação *in loco* das características técnicas, de uso e de manutenção de uma edificação inspecionada. Eles são elaborados de acordo com as peculiaridades e complexidades de cada edificação e servirão como roteiro e ferramenta de coleta de informação da inspeção predial. Ao total foram desenvolvidos 14 *checklists*, descritos pelo quadro 2. Todos os *checklist* foram desenvolvidos tendo como estratégia de inspeção os sistemas construtivos, sendo especificado em cada *checklist* o local de aplicação. A figura 3 apresenta um dos modelos utilizados.

Quadro 2 – Relação de *checklist*

Nº	**Código**	**Sistema**
1	IP-COB-001	Cobertura
2	IP-ELE-001	Instalações Elétricas
3	IP-ESQ-001	Esquadrias
4	IP-EST-001	Estrutura de Concreto Armado
5	IP-GAS-001	Instalações de Gás
6	IP-HID-001	Instalações Hidráulicas
7	IP-INC-001	Proteção Contra Incêndio
8	IP-MAN-001	Manutenção
9	IP-PCF-001	Portas Corta-Fogo

ISBN: 978-85-65425-32-2

10	IP-RES-001	Reservatórios
11	IP-REV-001	Revestimentos
12	IP-SPDA-001	Proteção Contra Descargas Atmosféricas
13	IP-VED-001	Vedação Interna
14	IP-VED-002	Vedação Externa

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 3 – *Checklist* das Instalações Elétricas

CHECKLIST | INSPEÇÃO PREDIAL

IP-ELE-001 | Rev.: 1 | Folha: 1/1

SISTEMA: INSTALAÇÕES ELÉTRICAS — **CLIENTE:**

ELEMENTO: — **PAVIMENTO Nº:**

	Item de Verificação	S Ou N	Fotos	Local	MÉTODO GUT G	U	T	P	Grau de Risco	Observações
1	Desarme de disjuntores									
2	Substituição de disjuntores por outros de maior capacidade, sem a troca dos cabos pertinentes									
3	Fios e cabos expostos									
4	Fios e cabos com partes sem isolamento/proteção									
5	Partes vivas do quadro sem proteção									
6	Sobreaquecimento de cabos e fios e/ou dos componentes o quadro de distribuição									
7	Quadros sem tampa ou com fechaduras/dobradiças quebradas									
8	Quadros e shafts com componentes desarrumados e sem identificação dos circuitos.									
9	Corrosão e sujidade nos metais das caixas									
10	Quadros sem o disjuntor de proteção contra choque (DR)									
11	Folgas em componentes de quadros									
12	Falta de acesso ao quadro									
13	Corrosão de tomadas e plugs									
14	Incêndio em componentes elétricos									
15	Excesso de Benjamins (tês) em tomadas									
16	Falta de aterramento									
17	Lâmpadas queimadas, ausência ou deficiência									
18	Há certificado de manutenção?									
19	Funcionamento da Iluminação Escadas e Hall									
20										
21										

Data: ____/____/____ **Local:** — **Nome Responsável:** Eng. Civil Jeferson Spiering Bões | CREA-RS 212846 — **Visto do Engenheiro:** _____

Fonte: Elaborado pelo Autor.

3.5 Vistoria técnica

A vistoria foi dividida em dois momentos: (*i*) inspeção nas áreas comuns; (*ii*) inspeção nas unidades habitacionais. A inspeção abrangeu todos os locais da edificação, tendo como orientação o plano desenvolvido na etapa de estudos dos documentos e no desenvolvimento dos *checklists*. Ao diagnosticar alguma não conformidade, realizava-se o registro, através do preenchimento dos *checklists* e registro fotográfico.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.6 Elaboração do Laudo de Inspeção Predial

Em virtude de não existir uma norma de inspeção predial preconizada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), utilizou-se as metodologias propostas do IBAPE (2012b), IBRAENG (2015), Kepner e Tregoe (1991), Verzola *et al*. (2014) e Rocha (2016), buscando integrar as metodologias propostas, de modo a promover uma metodologia de inspeção predial com visão sistêmica e integradora.

O desenvolvimento incorporou os aspectos: (i) Classificação das Edificações/ (ii) Nível de Inspeção Predial; (iii) Classificação das Anomalias e Falhas; (iv) Definição das Prioridades; (v) Grau de Risco; e, (vi) Avaliação de Manutenção e Uso. Em cada um dos aspectos, adotou-se uma ou mais metodologia. A especificação das metodologias adotadas para cada aspecto, está detalhada no quadro 3.

Quadro 3 – Relação de aspectos e metodologias

Aspecto	**Metodologia**
Classificação das Edificações	IBRAENG (2015)
Nível de Inspeção Predial	IBAPE (2012b); IBRAENG (2015)
Classificação das Anomalias e Falhas	IBAPE (2012b); ROCHA (2016)
Definição das Prioridades	KEPNER;TREGOE (1991); IBAPE (2012b); VERZOLA *et al*. (2014); IBRAENG (2015)
Grau de Risco	IBAPE (2012b); ROCHA (2016)
Avaliação de Manutenção e Uso	IBAPE (2012b);

Fonte: Elaborado pelo Autor.

4. Resultados

Através da visita preliminar pode-se caracterizar a edificação, enquadrando o correto nível de inspeção predial à ser realizado. O quadro 4 apresenta a classificação da edificação. Dos 42 documentos solicitados para a análise, somente 16 foram entregues, impactando principalmente, na análise dos procedimentos de manutenção da edificação. O quadro 5 apresenta a relação de documentos solicitados versus o recebido. Destaca-se que de acordo com os responsáveis pela edificação, o motivo para não entrega dos demais documentos é em função da inexistência ou por até então, os mesmos, não estarem cientes da importância e do uso. Fato este, que evidencia que os responsáveis pela edificação não possuem o total conhecimento sobre a gestão da manutenção da edificação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 4 – Classificação da edificação

Área Construída	11.623,49 m²
Idade	11 anos
Tipo, Ocupação e Utilização	Residencial
Padrão e Complexidade Construtiva	Alto
Número de Pavimentos	26 pavimentos
Nível de Inspeção Predial	Nível 2

Fonte: Elaborado pelo Autor

Quadro 5 – Relação de documentos solicitados X recebidos

RELAÇÃO DE DOCUMENTOS SOLICITADOS E RECEBIDOS		
DOCUMENTO	SOLICITADO	RECEBIDO
ADMINISTRATIVA / LEGAL		
CNPJ da Edificação	X	X
RG/CPF do Responsável pela Edificação	X	X
Habite-se	X	
Registro do Imóvel (matrícula)	X	X
Última guia do IPTU	X	X
Ata da última eleição do síndico	X	
Regimento Interno do Condomínio	X	X
Licenças para execução de obras, emitidas pelo órgão municipal competente	X	
Certificado de Conformidade do Corpo de Bombeiros (CCCB)	X	
Alvará/Licença de Funcionamento	X	
Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos	X	
Contas de consumo de energia elétrica, água e gás (12 meses)	X	
Licença Sanitária	X	

ISBN: 978-85-65425-32-2

TÉCNICA		
Memorial descritivo dos sistemas construtivos	X	
Projetos Arquitetônico executivo	X	X
Projetos Arquitetônico “As Builts”	X	
Projetos de Estruturas	X	X
Projetos de Instalações Hidráulicas	X	X
Projetos de Instalações de Gás	X	
Projetos de Instalações Elétricas	X	X
Projetos de Instalações de Cabeamento e Telefonia	X	
Projetos de Instalações do Sistema de Proteção Contra Incêndio	X	X
Projeto do Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas	X	
Projetos de Instalações de Climatização	X	
Projetos de Impermeabilização	X	
Projetos de Revestimento em geral, incluindo as fachadas	X	
MANUTENÇÃO		
Manual de Uso, Operação e Manutenção ou Manual do Proprietário	X	X
Plano de Manutenção, Operação e Controle da Edificação (PMOC)	X	
Relatório de Inspeção Anual de Elevadoras (RIA)	X	X
Atestado do Sistema de Proteção a Descarga Atmosférica (SPDA)	X	
Certificado de limpeza e desinfecção dos reservatórios	X	
Análise físico-químicas de potabilidade da água dos reservatórios	X	X
Certificado de ensaios de pressurização em mangueiras	X	
Laudo de inspeções anteriores	X	

ISBN: 978-85-65425-32-2

Relatórios de ensaios tecnológicos (caso tenham sido realizados)	X	
Certificado de teste de estanqueidade do sistema de gás	X	
Relatórios das Manutenções do Sistema de Ar Condicionado	X	
Relatórios dos Acompanhamentos das Manutenções dos Motores e Bombas	X	X
Relatórios dos Acompanhamentos das Manutenções do(s) Gerador	X	X
Relatórios dos Acompanhamentos das Manutenções do Sistema de CFTV	X	X
Relatório das Manutenções do Sistema de Iluminação de Emergência	X	
Demais relatórios de manutenção	X	

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Após da conclusão da inspeção predial, foram diagnosticadas 528 não conformidades em toda edificação, sendo distribuídas em 14 sistemas construtivos. Todas as não conformidades foram fotografadas e diagnosticadas, conforme a figura 4.

Figura 4 - Identificação das não conformidades

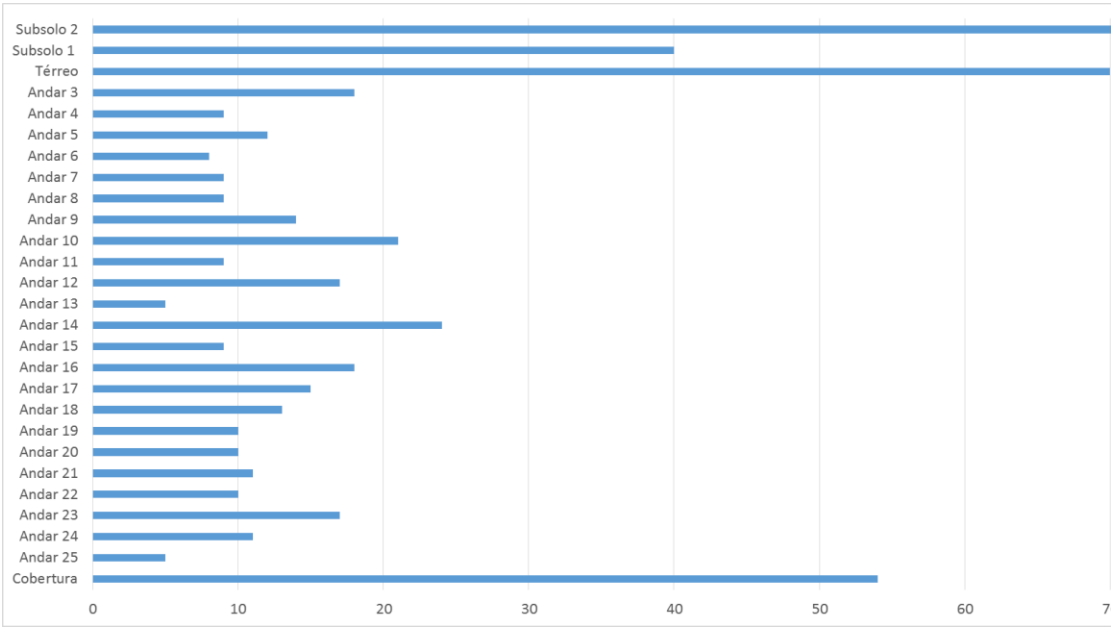
Ordem	**Sistema Construtivo**	**Local**	**(G)**	**(U)**	**(T)**	**(P)**	**Risco**
267	Instalações Hidráulicas/Revestimento	Cobertura	3	3	4	36	Médio
		Anomalia/Falha: Ralo de cobertura obstruído por terra e peças cerâmicas caídas.					
		Origem: Funcional					
		Causa: Falha na manutenção e desgaste dos materiais					
		Medida Saneadora: Realizar a desobstrução do ralo e realizar o mapeamento da fachada para averiguar se há outros pontos que apresentam esta anomalia e posteriormente realizar a substituição das peças.					

Fonte: Elaborado pelo Autor.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A metodologia adotada permitiu a identificação e mapeamento das não conformidades de acordo com o local. Na figura 5, estão relacionados o número de não conformidades em relação aos pavimentos. Percebe-se uma concentração de não conformidades no Subsolo 2, Subsolo 1 e Cobertura, áreas não habitáveis e com menor fluxo e área de permanência. Constatou-se que os subsolos apresentaram uma grande concentração de fissuras junto ao piso, oriundo de falhas das juntas de movimentação e dilatação, somada pelo intenso fluxo de carros, como também, infiltrações oriundas de danos nas instalações hidráulicas. Já na Cobertura, há uma predominância de descolamento de revestimentos cerâmicos, ocasionados por falhas construtivas, como o acúmulo de resíduos depositados e a proliferação de vegetação entram as juntas de movimentação, causadas essencialmente pela ausência de manutenção neste local da edificação. Em contraste com o exposto, encontram-se as unidades habitacionais, que apresentaram uma uniformidade de anomalias, em virtude de falhas no uso, majoritariamente nas instalações elétricas e obstrução dos equipamentos de combate à incêndio. Há picos de não conformidades em alguns pavimentos. Tais picos correspondem a habitações que possuem nenhum ou mínimo nível de manutenção e preocupação quanto a conservação da edificação. A figura 6 apresenta a distribuição das anomalias e falhas por sistema construtivo, onde há um destaque para o revestimento cerâmico (27%), Instalações Elétricas (19%), seguidas por Instalações Hidráulicas e Manutenção, ambas com 12%. O grande número de anomalias no revestimento, ocorreu em função da edificação estar situada a 100m da orla marítima, com presença de agressividade do ar, gerando deterioração das juntas de assentamento de dilatação, ocasionando em infiltrações e descolamento do revestimento.

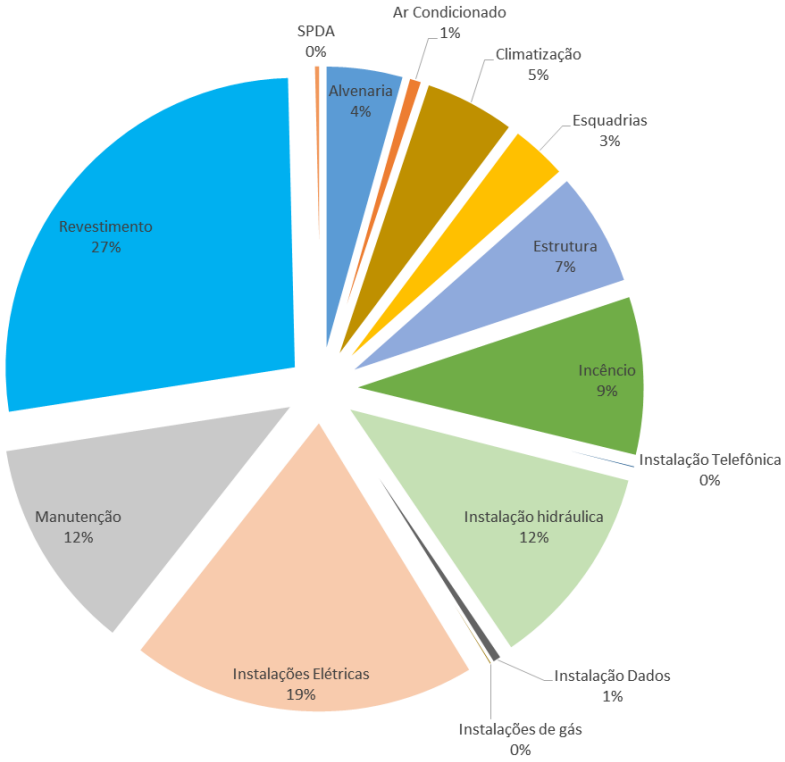
Figura 5 - Anomalias e Falhas por pavimento



Fonte: Elaborado pelo Autor.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6 - Anomalias e Falhas por pavimento



Fonte: Elaborado pelo Autor.

5. Conclusões

A inspeção predial se mostrou uma excelente ferramenta de identificação e diagnóstico de anomalias e falhas na edificação estudada, permitindo o correto prognóstico e a orientação técnica aos condôminos e fomentando a conservação das edificações, indo ao encontro do proposto pela Lei Municipal 9.913.

Os sistemas construtivos que apresentaram maior número de não conformidades estão relacionados aos locais de menor fluxo e baixa permanência, ocasionando uma invisibilidade dos problemas existentes. Tal fato, pode ser relacionado, por estas desconformidades não serem perceptíveis aos usuários da edificação e não influenciando na sua rotina.

A priorização das anomalias e falhas permitiu uma definição clara da ordem das ações a serem tomadas por parte do condomínio, definindo as medidas saneadores que devem ser realizadas primeiramente. Não obstante, a inspeção predial permitiu realizar um panorama geral sobre o estado de conservação e de manutenção da edificação. Por fim, ressalta-se que a aplicação da Lei Municipal 9.913, vai ao encontro da necessidade de criar mecanismos de incentivo à conservação das edificações e que há fortemente a necessidade de realização de inspeções periódicas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 5674:2012: Manutenção de Edificações - Procedimento. Rio de Janeiro, 2012.

FORTALEZA, Lei Municipal 9.913 de 18 de julho de 2012.

GOMIDE, T.L.F., NETO, J.C.P.F., GULLO, M.A. Inspeção predial total: diretrizes no enfoque da qualidade total e engenharia diagnóstica. 2 ed. São Paulo: Pini, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AUDITORIA DE ENGENHARA. OT-003/2015-IBRAENG: Inspeção Predial e Auditoria Técnica Predial. Fortaleza, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE AVALIAÇÕES E PERÍCIAS DE ENGENHARIA. Inspeção Predial a saúde dos edifícios. São Paulo, 2012a.

_____. Norma de Inspeção predial nacional. São Paulo, 2012b.

KEPNER, C., & TREGOE, B. (1991). O Novo Administrador Racional. São Paulo: Makron Books

ROCHA, Marcio Soares. Inspeção Predial e Auditoria Predial. Curso. Fortaleza: IBRAENG, 2015.

VERZOLA, S. N.; MARCHIORI, F.F.; ARAGON, J.O. Proposta de lista de verificação para inspeção predial x urgência das manutenções. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC. Maceió, 2014.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

CORROSÃO DE ARMADURAS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO: MECANISMOS E TECNOLOGIAS PARA PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO

Corrosion Of Reinforcement In Concrete Structures: Mechanisms And Technologies For Protection And Recovery

Ariane da Silva CARDOSO[1], **Thayse Dayse** DELMIRO[2], Emilia Rahnemay KOHLMAN RABBANI[3], Tiago Manoel da Silva Agra[4]

[1] Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, ariane_cardoso@hotmail.com

[2] Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, thaysedayse@hotmail.com

[3] Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, emilia.rabbani@upe.br

[4] Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, tiagoagraengenharia@gmail.com

Resumo: A corrosão de armaduras é uma das principais e mais onerosas manifestações patológicas relacionadas às estruturas de concreto armado, principalmente oriundas das ações dos íons cloretos e dos efeitos da carbonatação. Este trabalho aborda os mecanismos que levam a corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado, bem como elenca as principais técnicas de proteção e recuperação existentes. São discutidas quatro maneiras de combater ou prevenir a corrosão substituição do material por outro mais resistente, modificação do meio de exposição, revestimentos e através de técnicas eletroquímicas. Tais métodos podem prolongar a vida útil das estruturas, porém, deve-se conhecer os mecanismos e suas formas de aplicação, bem como os processos de deterioração das estruturas, visando especificar a melhor solução para cada situação.

Palavras-chave: Concreto. Corrosão. Recuperação.

Abstract: Reinforcement corrosion is one of the main and most costly pathological manifestations related to reinforced concrete structures, mainly arising from the actions of chloride ions and the effects of carbonation. This work approaches the mechanisms that lead to the corrosion of reinforcements in reinforced concrete structures, as well as the main techniques of protection and recovery exist. Four ways of combating or preventing corrosion are discussed by replacing the material with a more resistant one, modifying the exposure medium, coatings and through electrochemical techniques. Such methods can extend the useful life of the structures, however, it is necessary to know the mechanisms and their forms of application, as well as the processes of deterioration of the structures, aiming to specify the best solution for each situation.

Keywords: Concrete. Corrosion. Recovery.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

1.1 Importância do tema

O concreto é parte integrante de praticamente todas as construções, de edificações residenciais a grandes obras de infraestrutura, como pontes e estradas. E ainda que existam outras opções, como estruturas em madeira ou metálica, o concreto armado é a técnica mais comumente utilizada para a construção de estruturas. De acordo com Mehta e Monteiro (2014), embora não se apresente tão resistente quanto o aço, o concreto possui resistência a agressões físicas e químicas do ambiente, mostra-se de fácil execução e adaptabilidade a qualquer forma de construção, possui menor custo e é mais facilmente produzido no canteiro de obra. Devido sua versatilidade, tornou-se o segundo material mais consumido no mundo, perdendo apenas para água (PEDROSO, 2009).

As armaduras inseridas em componentes estruturais de concreto estão, em condições normais, protegidas e passivadas contra o risco de corrosão. Esta proteção é possível tanto devido à espessura de cobrimento de concreto, que forma uma barreira física a entrada de agentes externos, quanto à proteção química conferida pela alta alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto (HELENE e RIBEIRO, 2014).

Entretanto, o concreto poderá apresentar inúmeras manifestações patológicas que são causadas por diversos fatores. Diversos pesquisadores como Helene e Ribeiro (2014), Mehta e Monteiro (2014), Barbosa *et al*. (2012), entre outros, destacam que a corrosão de armaduras tem se mostrado um dos mais graves e frequentes problemas associados à durabilidade do concreto armado, comprometendo as estruturas tanto do ponto de vista estético, quanto do ponto de vista da segurança.

Sabe-se que a corrosão das armaduras no concreto pode ser desencadeada por meio de dois agentes principais, sendo eles a ação de íons cloretos, o qual afeta a película passivadora, e a carbonatação, que reduz pH de precipitação do concreto, reduzindo a estabilidade da película passivadora. Sendo então um fenômeno que se intensifica em regiões litorâneas e/ou com alta concentração de gás carbônico no ar, ou seja, onde estão as maiores concentrações populacionais no Brasil e no Mundo.

O problema da corrosão consome direta ou indiretamente cerca de 5% do PIB de uma nação industrializada, além de envolver grandes catástrofes quando não corretamente tratado (HELENE e RIBEIRO, 2014). Diante disto, faz-se necessário estudar não só as formas de prevenir o problema, como a forma correta de solucioná-lo, uma vez ocorrida a corrosão.

1.2 Objetivo

Esse trabalho tem por objetivo abordar dos mecanismos que levam a corrosão das armaduras em estruturas de concreto armado, bem como elencar as principais técnicas de proteção e recuperação existentes.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Durabilidade e Vida Útil das Estruturas de Concreto

As palavras durabilidade e vida útil das estruturas de concreto, de certa forma caminham juntas, pois é difícil pensar e projetar a vida útil de uma estrutura sem pensar e tomar as devidas providências para que elas sejam duráveis.

A NBR 6118 (ABNT, 2014), define como durabilidade “a capacidade da estrutura resistir às influências ambientais previstas e definidas em conjunto pelo autor do projeto estrutural e pelo contratante, no início dos trabalhos de elaboração do projeto.” E ainda recomenda que as estruturas de concreto devam ser projetadas e construídas de modo que, sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem sua segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o prazo correspondente à sua vida útil.

Por vida útil de projeto entende-se o período o qual as características das estruturas de concreto são mantidas sem grandes intervenções, desde que atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo construtor e projetista (NBR 6118, 2014).

A concepção de uma construção durável implica a adoção de um conjunto de decisões e procedimentos que garantam à estrutura um desempenho satisfatório ao longo de sua vida útil.

Existem basicamente dois fatores intervenientes na durabilidade e vida útil das estruturas de concreto: a sua estrutura interna e a agressividade do meio. Ainda assim, Fusco (2012) coloca a dependência da existência de dois elementos essenciais para que ocorra a maioria dos mecanismos de agressão ao concreto: disponibilidade de água no interior da massa de concreto e disponibilidade de oxigênio do ar.

Para Helene (1995) os fatores que definem a microestrutura do concreto e apresentam influencia decisiva na durabilidade das estruturas são:

- Composição (traço)
- Compacidade (adensamento)
- Cobrimento
- Cura

A NBR 6118 (ABNT, 2014) relaciona a agressividade ambiental como sendo as ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independente das ações mecânicas, das variações térmicas, entre outras previstas no dimensionamento das estruturas. A agressividade ambiental é classificada segundo as condições de exposição em que a estrutura ou parte dela está inserida, como mostra a Tabela 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Tabela 1 - Classe de agressividade ambiental segundo NBR 6118 (ABNT, 2014)

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

A agressividade de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece parâmetros para a qualidade do concreto e para o cobrimento mínimo.

2.2 Corrosão das Armadura no Concreto

“Corrosão pode ser entendida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado de reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de deterioração” (HELENE e RIBEIRO, 2014).

A corrosão do concreto armado pode estar associada a fatores físicos, biológicos, químicos ou mecânicos. Na pasta de cimento e no agregado, a deterioração predominante é por ação química, enquanto na armadura a corrosão ocorre por ação eletroquímica (MOTA, 2011). Ela ainda pode manifestar-se de diferentes formas, sendo a corrosão generalizada e a puntiforme os casos mais comuns. A primeira, em geral não provoca danos muito graves por afetar toda a extensão da armadura. A segunda, por se concentrar em pontos específicos, acaba sendo mais danosa causando a perda do desempenho estrutural, podendo acarretar uma ruptura frágil em seção definida sem aviso.

Os efeitos degenerativos provenientes da corrosão levam a um comprometimento da segurança estrutural ao longo do tempo, e manifestam-se na forma de manchas superficiais, seguidas por fissuras, destacamento do concreto de cobrimento, redução da seção das armaduras com frequente seccionamento de estribos e redução e eventual perda de aderência das armaduras principais (HELENE e RIBEIRO, 2014).

As armaduras de aço do concreto armado são protegidas contra a corrosão pelo fenômeno da passivação do aço, devido a grande alcalinidade do concreto, onde o pH da água existente nos poros atinge valores superiores a 12.5, formando na superfície das barras de aço uma camada microscópica impermeável de óxido de ferro, que constitui a chamada película passivadora (FUSCO, 2012).

A corrosão das armaduras dentro do concreto somente poderá ocorrer se a película passivadora for destruída, o que pode acontecer de forma generalizada em consequência das seguintes causas:

ISBN: 978-85-65425-32-2

- redução do pH abaixo de 9, por consequência da carbonatação da camada de cobrimento da armadura;
- presença de íons cloretos ou de poluição atmosférica acima de um valor crítico;
- lixiviação do concreto na presença de fluxos de água que percolem através de sua massa (FUSCO, 2012).

2.2.1 – Mecanismos da Corrosão de Armaduras

Para que as armaduras de aço do concreto sofram corrosão, é preciso a presença de umidade e oxigênio. Portanto, não haverá corrosão se o concreto estiver totalmente seco ou totalmente saturado. Além desses fatores, para que se inicie a corrosão, é preciso que haja a despassivação da armadura, o que ocorre, segundo Cascudo (2005), frente a pelo menos uma das duas condições básicas seguintes:

- presença de cloretos em quantidade suficiente;
- diminuição da alcalinidade do concreto, que se dá principalmente pelas reações de carbonatação.

A corrosão eletroquímica ou aquosa é a que traz problemas às obras civis, segundo Cascudo (1997). “Trata-se de um ataque de natureza eletroquímica, que ocorre em meio aquoso, como resultado da formação de uma pilha ou célula de corrosão, com eletrólito e diferença de potencial entre trechos da superfície do aço.” O eletrólito que se constitui de uma solução carregada ionicamente, forma-se a partir da presença de umidade no concreto. Diferentes intensidades de adensamento do concreto, diferenças de aerações, de umidade ou de concentrações salinas ocasionam a diferença de potencial (SILVA, 2006).

Essas pilhas se caracterizam pela existência de uma área anódica, onde se tem a redução de seção devido à reação de oxidação, e pela presença de uma área catódica, onde ocorre a reação de redução de oxigênio. Ambas as reações eletroquímicas (reações red-oxi) ocorrem simultaneamente e não ocorre uma sem a existência da outra (CASCUDO, 2005).

Em síntese, para que ocorra a corrosão eletroquímica há necessidade de 4 elementos:

• Condutor: que é a própria barra de aço que integra a armadura;

• Água: para constituir o eletrólito e conduzir os íons;

• Oxigênio: para a formação dos produtos de corrosão;

• Diferença de potencial entre dois pontos: para formar duas regiões distintas, ou seja, uma região anódica e outra catódica, conforme mostra a Figura 1.

ISBN: 978-85-65425-32-2

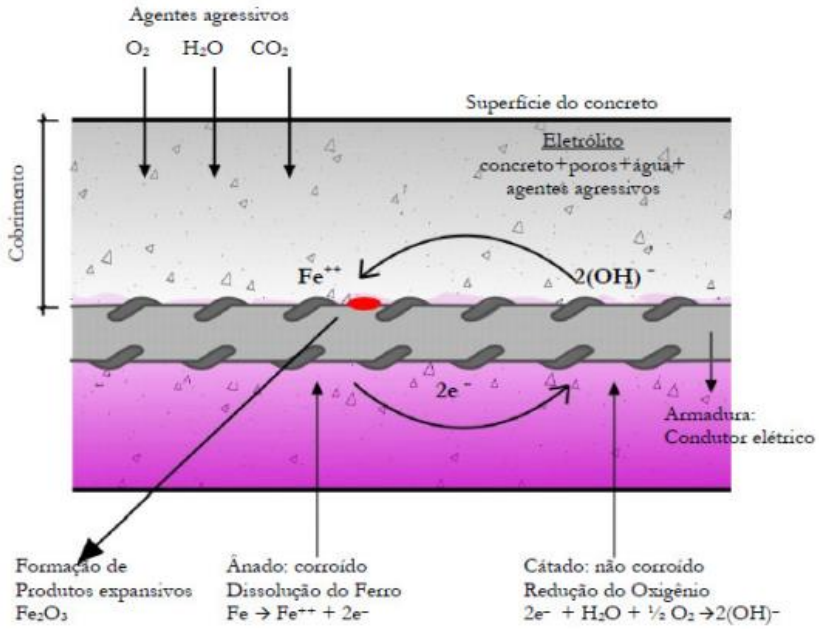


Figura 1 - Esquema simplificado da pilha de corrosão do concreto
CEB 152 (1984) *apud* Possan (2010)

A reação anódica (na zona corroída) ocasiona a dissolução do ferro (oxidação) pela passagem dos íons Fe^{2+} ou íons Cl^- para a solução e pode ser expessa por:

$$Fe \rightarrow Fe^{2+} + 2e^- \quad (1)$$

$$Fe^{2+} + Cl^- \rightarrow FeCl_2 \quad (2)$$

Já na reação catódica (na zona não corroída) o ferro funciona como simples eletrodo, junto do qual os elétrons liberados pelo ânodo passam para a solução fechando-se um circuito elétrico e então ocorrem as reações de redução de oxigênio, expressas por:

$$H_2O + \frac{1}{2}O_2 + 2e \rightarrow 2OH \quad (3)$$

(Reação de redução em meio aerado)

$$2H_2O + 2e \rightarrow H_2 + 2OH^- \quad (4)$$

(Reação de redução em meio não-aerado)

Segundo Cascudo (2005), a partir daí os íons hidroxila (OH^-) migram pelo eletrólito em direção ao ânodo e os íons Fe^{2+} migram em direção ao cátodo, onde se encontram em uma

ISBN: 978-85-65425-32-2

região intermediária e reagem entre si formando produtos insolúveis e expansivos, o hidróxido ferroso (produto da corrosão, comumente chamado de ferrugem), conforme a Equações 5 e 6 e pode ser formado inclusive em regiões próximas do cátodo pois o OH^- apresenta menor mobilidade iônica do que o íon de ferro.

$$Fe^{2+} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2 \quad (5)$$

$$2Fe(OH)_2 + \tfrac{1}{2}O2 + H2O \rightarrow 2Fe(OH)_3 \quad (6)$$

(Produto da corrosão em meio aerado)

2.2.2 – Fatores que Influenciam no Processo de Corrosão

Alguns fatores, características e propriedades do concreto estão relacionados à maior ou menor intensidade do fenômeno da corrosão de armaduras em seu interior. Segundo Cascudo (1997) são eles:

• Cobrimento: Considera-se o cobrimento um elemento de grande importância, pois além de representar uma barreira física contra os agentes agressivos, oxigênio e umidade, o cobrimento adequado garante o meio alcalino para proteção química das armaduras. Nos projetos de estruturas, o cobrimento é calculado de acordo com a agressividade do meio em que a estrutura estará inserida, mas também deve ser considerado a qualidade do concreto (relação água/cimento).

• Temperatura: A temperatura apresenta um duplo papel nos processos de deterioração das estruturas. Por um lado, o aumento de temperatura promove um incremento da velocidade de corrosão e da mobilidade das moléculas, favorecendo seu transporte através da microestrutura do concreto em contrapartida, a diminuição da temperatura pode dar lugar à condensações, as quais podem aumentar o teor de umidade em determinados pontos do material.

• Tipo de cimento e adições: Em geral, concretos com determinadas adições minerais apresentam estruturas menos porosas, aumentando seu desempenho quanto à penetração de líquidos, íons e gases. Porém alguns estudos relatam que tais adições podem piorar o comportamento dos concretos em relação à frente de carbonatação. O autor acredita no entanto, que os benefícios propiciados pelos cimentos com adições são maiores que os eventuais prejuízos obtidos.

• Tipo de aço: Barras de aço sem proteção, em um mesmo ambiente podem ter velocidades de corrosão diferenciadas pelo tipo de aço. Aços mais processados durante a fabricação e com maiores teores de carbono são mais susceptíveis a desenvolver corrosão quando comparados com aços de menor dureza e de resistência mecânica mais baixa.

• Fissuras no concreto de cobrimento: Segundo Cascudo (1997) existe uma linha de pensamento onde as fissuras não apresentam grandes influencias na intensidade de

ISBN: 978-85-65425-32-2

corrosão a ponto de afetarem a vida útil das estruturas, no entanto, agem no sentido de anteciparem o inicio da manifestação patológica.

• Relação água/cimento: A relação água/cimento determina a qualidade do concreto, definindo características de compacidade ou porosidade da pasta de cimento endurecida, tornando um dos parâmetros mais importantes no contexto da corrosão. Quanto menor a relação água/cimento, menor a permeabilidade, o que dificultará a penetração de agentes agressivos para o interior do concreto.

• Permeabilidade e absorção: São características importantíssimas que refletem a qualidade do concreto. Quanto maiores os índices de permeabilidade e absorção, menor é a qualidade do concreto e consequentemente menor a proteção à corrosão. A Tabela 2 apresenta os critérios de avaliação da permeabilidade e da absorção do concreto, segundo o CEB – 192, apresentada por Cascudo (1997).

Tabela 2 - Critérios de avaliação da permeabilidade à água e da absorção de água do concreto apresentada por Cascudo (1997)

Permeabilidade (m/s)	**Permeabilidade do concreto**	**Qualidade do concreto**	**Absorção (%)**	**Absorção do concreto**	**Qualidade do concreto**
$< 10^{-12}$	baixa	boa	< 3.0	baixa	boa
10^{-12} a 10^{-10}	média	média	3.0 a 5.0	média	média
$> 10^{-10}$	alta	Pobre	> 5.0	alta	Pobre

• Resistividade elétrica do concreto: A resistividade é um parâmetro dependente do teor de umidade, da permeabilidade e do grau de ionização do eletrólito do concreto. Sua importância é explicada pelo fato de estar relacionada à durabilidade da estrutura, pois atua como retardador ou acelerador de processos corrosivos. Assim, valores altos de resistividade significam baixa mobilidade iônica e valores baixos caracterizam fácil mobilidade iônica e maior probabilidade de corrosão.

2.2.3 – Cloretos

Estudos relacionados à durabilidade das estruturas apontam que a corrosão das armaduras provocadas pela ação de íons cloreto é um dos problemas mais sérios que pode ocorrer em uma estrutura (ANDRADE, 1997; NEVILLE, 2015).

Cascudo (1997) destaca que os íons cloreto podem ser introduzidos intencionalmente no concreto ou pode-se dar a contaminação por impregnação da superfície de concreto por agentes agressivos externos, tais como agentes aceleradores de pega e endurecimento que contém CaCl2 (cloreto de cálcio), contaminação dos materiais constituintes do concreto

ISBN: 978-85-65425-32-2

(água e agregados), penetração por sais anticongelantes, contaminação através de salmouras industriais, contaminação por maresia ou névoa de ambiente marinho e contato direto com a água do mar (estruturas marinhas).

Ainda pode ocorrer a contaminação no processo de limpeza das fachadas dos edifícios com a utilização do chamado ácido muriático, que não passa do ácido clorídrico diluído. Ao entrar em contato com a argamassa de revestimento do concreto, penetra por capilaridade até a massa de concreto e somente se percebe sua ação quando as armaduras já entraram em processo de corrosão.

Esses íons tem a capacidade de dissolver a película passivadora que reveste as armaduras de aço dentro do concreto, provocando desta forma o inicio da reação anódica de solubilização do Fe^{++} (FUSCO, 2012).

Os cloretos podem estar presentes no concreto na forma de cloretos fixos, que são os quimicamente ligados ao aluminato tricálcico (C_3A) na forma de sal de Friedel – cloroaluminatos; fisicamente absorvido na superfície dos poros; quimicamente absorvidos às paredes dos poros através do C-S-H; e sob a forma de íons – livres dissolvidos na fase aquosa do concreto, que são os que causam preocupação, pois são teoricamente os únicos que podem despassivar e provocar corrosão as armaduras (CASCUDO, 1997; SILVA, 2006).

A consequência da presença desses íons livres é de baixar o pH em pequenos pontos da película passivadora, destruindo-a totalmente e formando nesses pontos pequenas zonas anódicas como pode ser visualizado na Figura 2, fazendo com que o restante da armadura constitua uma enorme zona catódica, ocorrendo desta forma uma intensa corrosão nos pontos anódicos (FUSCO, 2012).

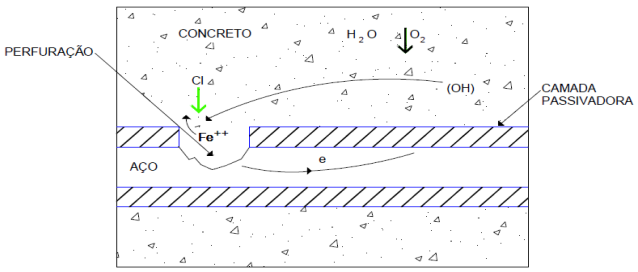


Figura 2 - Representação esquemática da corrosão eletroquímica na presença de cloretos segundo Neville (2015)

Os cloretos agem de forma localizada produzindo um ataque na superfície da armadura, que, segundo Gemelli (2001), manifesta-se sob a forma de pequenas cavidades, de alguns micrômetros a alguns milímetros, os « pites ». Em consequência, ocorre a diminuição da seção da estrutura metálica e, conforme a concepção estrutural pode levar ao colapso da estrutura.

Embora os cloretos livres solúveis em água sendo teoricamente os únicos capazes de provocar corrosão, deve-se determinar o teor de cloretos totais, uma vez que parte dos cloretos combinados pode ficar disponível devido à carbonatação ou elevação da temperatura.

ISBN: 978-85-65425-32-2

A norma NBR 7211 (ABNT, 2009), estipula um limite máximo de teor de cloretos presentes nos agregados, e também especifica limites para o teor total de cloretos trazidos ao concreto por todos os seus constituintes, para determinadas situações em que a estrutura de concreto armado foi projetada. Sendo os seguintes valores em porcentagens sobre a massa de cimento:

- Concreto protendido ≤ 0.06%;
- Concreto armado exposto a cloretos nas condições de serviço da estrutura ≤ 0.15%;
- Concreto armado em condições de exposição não severas (seco ou protegido da umidade nas condições de serviço da estrutura ≤ 0.40%;
- Outros tipos de construção com concreto armado ≤ 0.30%.

2.2.3.1 – Fatores que Influenciam a Penetração de Cloretos

Alguns parâmetros influenciam na penetração dos cloretos, tais como a porosidade, a relação a/c, o tipo de cimento, a compactação, cura, temperatura e fissuras.

2.2.4 – Carbonatação

Em geral, a carbonatação é uma essencial condição para o início da corrosão das armaduras no do concreto.

Figueiredo (2005) define carbonatação como:

> [...] é um processo físico-químico de neutralização da fase líquida intersticial do concreto, saturada de hidróxido de cálcio e de outros compostos alcalinos hidratados (FIGUEIREDO, 2005, p. 829).

O excesso de cálcio existente nos silicatos anidros constituintes dos cimentos é liberado na forma de hidróxido $Ca(OH)_2$, que após o endurecimento, parte fica em forma de cristais e parte dissolvido na água contida nos poros; este por sua vez garante a elevada alcalinidade no interior do concreto, com pH superior a 12.5. No entanto, os gases ácidos encontrados na atmosfera, tais como o gás sulfídrico (H_2S), o dióxido de enxofre (SO_2) e principalmente o gás carbônico (CO_2), podem produzir reações de neutralização do concreto causando a redução do pH a valores inferiores a 9 e tornando-se possível a dissolução da película passivadora de óxido de ferro que reveste as armaduras do concreto (GENTIL, 2012; FIGUEIREDO, 2005).

A carbonatação ocorre então, quando o CO_2, do ar ou contido em água agressivas, penetra na superfície exposta da peça de concreto, e por difusão através do ar chega até os poros úmidos se combinando com o hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$, formando o carbonato de cálcio, $CaCO_3$, insolúvel. Esta transformação do hidróxido em carbonato é acompanhada pela redução do pH do meio úmido interno.

Na Figura 3 pode-se observar o processo do avanço da frente de carbonatação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

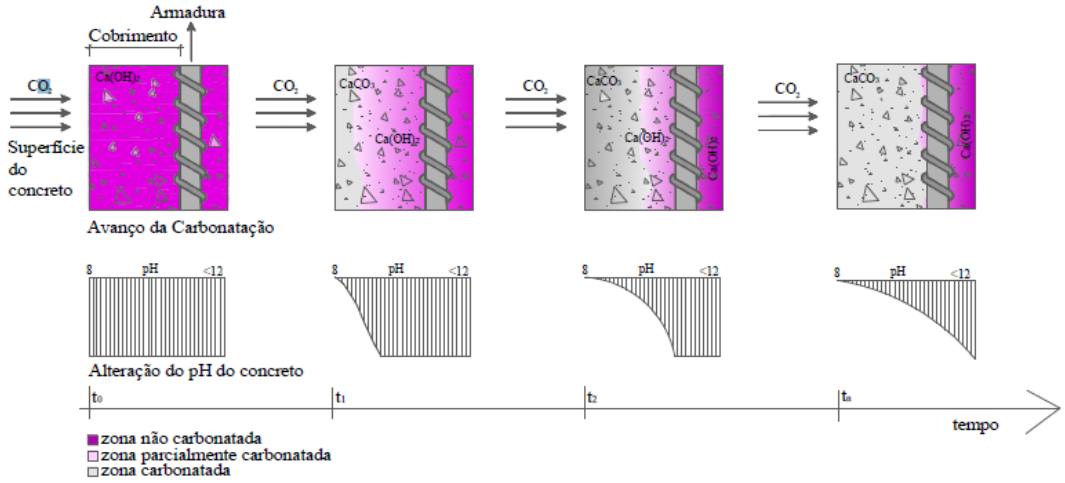


Figura 3 - Representação do avanço da frente de carbonatação e alteração do pH do concreto no tempo conforme Possan (2010)

Felizmente a carbonatação é um processo lento. Inicialmente a profundidade de carbonatação aumenta com grande rapidez, atenuando-se com o tempo, devido a hidratação crescente do cimento e também do próprio carbonato de cálcio ($CaCO_3$) que preenche os poros superficiais, dificultando o acesso do CO_2 ao interior do concreto (CASCUDO, 1997).

Segundo Cascudo (1997), o processo ocorre em várias etapas envolvendo diversas reações secundárias, embora o carbonato de cálcio seja sempre um dos produtos finais. O avanço do processo de carbonatação pode ser melhor compreendido através da Figura 4.

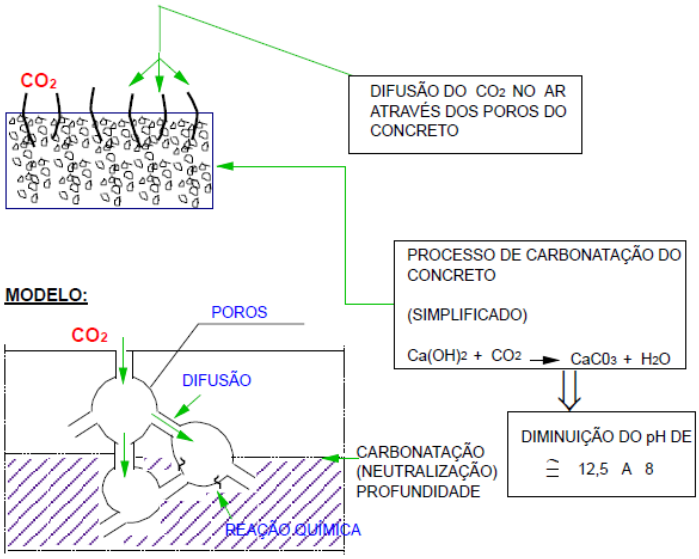


Figura 4 - Avanço do processo de carbonatação segundo CEB, 1984 *apud* Figueiredo, (2005)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Com base na literatura, Possan (2010) apresenta um quadro resumo das consequências positivas e negativas da carbonatação no concreto (Quadro 1).

Quadro 1 - Quadro resumo das consequências da carbonatação segundo Possan (2010)

Efeito	Conseqüência	Autores
Consumo de CO_2 no tempo	Negativa – redução do pH do concreto o que deixa a armadura suscetível à corrosão.	Parrot (1987), Isaia (1999)
	Positiva – reabsorção do CO_2 da atmosfera.	Pade e Guimarães (2007)
Refinamento dos poros	Positiva – reduz a porosidade através da densificação da matriz devido à precipitação do $CaCO_3$ nos poros da matriz cimentante.	Rigo da Silva et al. (2002)
Aumento da massa	Positiva – aumenta a densidade do material.	Neville (1997)
Aumento da resistência	Positiva – redução da porosidade do concreto.	Rigo da Silva et al. (2002)
Melhora (eleva) da dureza superficial	Positiva – aumento a resistência do material.	Helene (1993)
Redução do pH	Negativa - deixa o aço imerso no concreto susceptível à corrosão (em condições de corrosão).	Parrot (1987)
Retração	Negativa – causa fissuras.	Helene (1993)
Decréscimo na resistividade elétrica	- redução na probabilidade de corrosão não é significativa	Abreu (2004)

2.2.4.1 Fatores que influenciam a frente de carbonatação

Para Neville (2015), o fator fundamental que controla a carbonatação é a difusibilidade da pasta de cimento hidratada, ou seja, a função do sistema de poros da pasta de cimento durante o período em que ocorre a difusão do CO_2. Sendo assim, torna-se importante a relação água/cimento, o tipo de cimento e o grau de hidratação.

A profundidade de carbonatação e sua velocidade dependem também de fatores relacionados com o meio ambiente, conforme ilustrado no Quadro 2.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 2 - Fatores condicionantes e características influenciadas pela carbonatação adaptado de Karamierczak (1995) *apud* Figueiredo (2005)

	Fatores condicionantes	**Características influentes**
Condições de exposição	Concentração de CO_2	Mecanismo físico-químico Velocidade de carbonatação
	Umidade relativa do ar	Grau de saturação dos poros Velocidade de carbonatação
	Temperatura	Velocidade de carbonatação
Características Do concreto	Composição química do cimento	Porosidade da pasta carbonatada Reserva alcalina Porosidade
	Características do clínquer	
	Teor de adições	
	Traço	Porosidade
	Qualidade de execução	
	Defeitos	Grau de hidratação
	Qualidade da cura	

2.2.5 – Principais Propriedades Afetadas pela Corrosão de Armaduras

Dentre as principais propriedades afetadas pela corrosão de armaduras do concreto, pode-se citar:

- Aderência entre o aço e o concreto;
- Aumento da deformabilidade;
- Desenvolvimento de tensões de tração que levam a fissuração;
- Redução da área da seção transversal das barras de armadura;
- Redução da resistência à tração do aço.

2.3 Mecanismos de transportes de fluidos no concreto

A degradação das estruturas de concreto armado se dá pela penetração através da rede de poros e fissuras, de substâncias líquidas ou na forma de gases e vapores. Entre essas substâncias, destacam-se a água, pura ou com íons dissolvidos, principalmente íons cloretos e íons sulfatos, o CO_2 e o oxigênio. Portando, a consideração da durabilidade

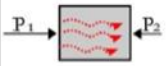
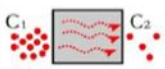
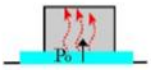
ISBN: 978-85-65425-32-2

exige um entendimento dos mecanismos de transportes envolvidos nestes processos. A velocidade da interação entre o meio ambiente e o concreto é de extrema importância para determinação do período de tempo em que a estrutura manterá suas características mínimas de segurança, estética e funcionalidade estabelecidos no projeto.

O transporte dos fluidos e materiais no concreto depende de um grande número de fatores que estes, por sua vez, dependem da fração volumétrica de cada material, dos detalhes da hidratação do cimento e do processo de produção do concreto, tais como a porosidade, distribuição do tamanho dos poros, conectividade e tortuosidade (NEPOMUCENO, 2005) Também deve-se levar em consideração a fase aquosa que preenche os poros do concreto, cuja características dependem do tipo de cimento, do teor de umidade, e se essa umidade apresenta-se em forma de vapor ou forma líquida.

Possan (2010) apresenta um resumo dos principais mecanismos de transportes que pode ser verificado no Quadro 3.

Quadro 3 - Resumo dos principais mecanismos de transportes de gases segundo Possan (2010)

Mecanismo	Parâmetro (indicador de durabilidade)	Definição	Esquema	Fatores de influência	Relevância
Permeabilidade	Coeficiente de Permeabilidade a água - k (mm/s)	Fluxo de um fluido através do concreto devido a um gradiente de pressão ($P_1 > P_2$)		Depende do tamanho dos e continuidade dos poros, podendo ser descrita pela lei de Darcy.	Relacionada à conectividade dos poros do concreto.
Difusão	Coeficiente de Difusão - D (cm^2/s)	Ingresso Cl^- ou CO_2 através do concreto devido a um gradiente de concentração dos agentes agressivos ($C_1 > C_2$).		Depende da composição e estrutura dos poros do concreto, da temperatura e do teor de umidade, sendo representado pela 1ª e 2ª leis de Fick.	Importante para estudos e modelos de previsão de vida útil de estruturas de concreto armado.
Sucção capilar	Coeficiente de Absorção de água - A ($g/cm^2.h^{1/2}$)	Ingresso de agentes agressivos e água através do concreto devido à pressão capilar (P_0).		Depende do diâmetro dos poros, da tensão superficial do líquido e da sua viscosidade.	Determinação da velocidade de penetração de água através do concreto, o que está diretamente relacionado à durabilidade.
Migração iônica	Resistividade elétrica - ρ (ohm.cm)	Movimento de íons através dos poros do concreto devido a um potencial elétrico (E_1 e E_2).		Depende do teor de umidade, da temperatura e da tensão aplicada.	Monitoramento do desenvolvimento da corrosão de armaduras em estruturas de concreto armado (no período da propagação).

2.3.1 – Absorção ou sucção capilar

A absorção capilar é um dos mecanismos que mais afeta a durabilidade das estruturas, principalmente em ciclos de umedecimento e secagem, e geralmente representa o primeiro passo para a contaminação por impregnação externa de peças de concreto.

A absorção capilar depende além do diâmetro dos poros, que essa porosidade seja aberta, ou seja, que os poros capilares sejam interconectados entre si, permitindo assim o acesso das substancias líquidas contaminadas para o interior do concreto. Quanto menores forem os diâmetros dos poros, mais intensa será a sucção capilar. (CASCUDO, 1997)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Algumas características do líquido, tais como a viscosidade, a densidade e a tensão superficial também influenciam na absorção. A equação para ascensão capilar se dá pela Lei de Jurin (HELENE, 1993):

$$h = 2\nu / r\gamma \quad (7)$$

onde:

h = altura ou penetração de água no capilar, em metros;

v = tensão superficial da água, em kg/m;

r = raio do capilar, em metros;

γ = massa específica da água, em kg/m³.

2.3.2 – Difusão

A difusão pode ser definida como o movimento aleatório de partículas de regiões de alta concentração para regiões de baixa concentração de forma a diminuir o gradiente de concentração de partículas no meio. Isto pode ocorrer tanto para substâncias presentes em meio líquido como para aquelas em meio gasoso, estando assim controlados por este fenômeno, os dois principais agentes agressivos que comprometem as armaduras, os íons cloreto e o CO_2.

A difusão ionica acontece quando essas substâncias ultrapassam a camada superficial e alcançam o interior do concreto (região mais úmida). Ocorre então à busca de equilíbrio através da diferença de concentração entre o elemento que difunde e o meio difusor (entre o exterior e interior do concreto), promovendo a movimentação dos íons. Não menos importante, tem-se também a difusão de oxigênio e de vapor de água presente na atmosfera para o interior do concreto.

A difusão de oxigênio varia em função das diferenças dos materiais constituintes, do teor de umidade interna do concreto, das técnicas de medidas e do volume de agregados, devido à possibilidade de se alterar a conectividade da zona de transição. As adições afetam a difusão de O_2 na medida em que reduzem a porosidade, seja pelo efeito filer ou pelas reações pozolânicas.

A difusão do vapor de água controla alguns fenômenos tais como a carbonatação que precisa de um teor de umidade mínimo para ocorrer, sendo assim responsável pela corrosão de armaduras (NEPOMUCENO, 2005).

2.3.3 – Permeabilidade

É o fluxo de um fluido submetido à ação de um gradiente de pressão. A permeabilidade é um dos principais parâmetros de qualidade do concreto e esta relacionada com a interconexão dos seus poros. É uma característica ligada ao fator água/cimento. Quanto menor for esta relação, menos permeável será o concreto. Segundo Cascudo (1997),

ISBN: 978-85-65425-32-2

quanto maior for o diâmetro dos poros capilares e a comunicação entre si, mais acentuada será a permeabilidade à líquidos sob pressão.

2.3.4 – Migração de íons

Ocorre quando há a presença de um campo elétrico, que no concreto pode ser gerado pela corrente elétrica do processo eletroquímico ou pelo emprego da técnica de proteção catódica para o controle da corrosão (CASCUDO, 1997).

3. Tecnologias para Recuperação e Proteção Contra a Corrosão de Armaduras

Segundo Panossian (2010), há quatro maneiras de combater ou prevenir a corrosão na visão clássica: substituição do material por outro mais resistente, modificação do meio de exposição, através de barreiras entre o aço e o meio (revestimentos) e através de técnicas eletroquímicas.

3.1 Seleção de Materiais

Uma alternativa como prevenção da corrosão é a utilização do aço inoxidável. De acordo com Moreira (2015), a utilização do aço inoxidável em concreto armado teve início com o aço austenítico e o uso de armaduras de aços inoxidáveis dúplex vem aumentando. A autora relata que pesquisas recentes têm mostrado que a resistência à corrosão do aço inoxidável dúplex é semelhante ou ainda superior ao dos aços austeníticos.

3.2 Mudança do meio

Trata-se de recuperação (onde há a remoção do concreto deteriorado e sua posterior reconstrução com outro de boa qualidade que se assemelhe o máximo possível com o concreto base), ou utilização de inibidores de corrosão, bem como por meio de técnicas eletroquímicas de realcalinização e extração de cloretos que serão abordadas mais adiante.

Os inibidores de corrosão são substâncias que se adicionadas a matriz cimentícia reduzem a velocidade de corrosão sem causar grandes alterações nas propriedades do concreto. Podem ser utilizados no concreto em seu estado fresco (inorgânicos-nitritos) ou na superfície do concreto em seu estado endurecido (líquidos, inibidores fase vapor, inibidores voláteis), o que não é muito usual no Brasil.

Os nitritos são mais comumente utilizados no Brasil e considera-se um método eficiente, pois eles favorecem a passivação, até mesmo na presença de cloreto desde que a razão nitrito/cloreto seja maior que pelo menos 1.8. (PANOSSIAN, 2010). O MFP (monofluor fosfato) é utilizado na forma líquida aplicada sobre a superfície do concreto endurecido, onde atravessa a camada de cobrimento por capilaridade. Os inibidores fase vapor difundem-se na fase vapor através dos poros e fissuras do concreto atingindo as armaduras e os inibidores voláteis de corrosão são eficientes para concretos com contaminação com

ISBN: 978-85-65425-32-2

cloretos segundo Panossian (2010). São aplicados geralmente como revestimentos, mas também podem ser incorporados na argamassa de reparo e recuperação ou colocados em forma de plugues.

3.3 Revestimentos

Consistem em fazer uma barreira física para restringir a penetração de agentes agressivos. Segundo Panossian (2010) é a forma mais econômica e prática para garantir e até aumentar a durabilidade das estruturas de concreto armado. Esta barreira pode ser realizada pela aplicação de tintas, silicones hidrofugantes e vernizes ou revestimentos que aumentem a durabilidade.

De acordo com Campos (2016), podem ser classificados em formadores de película, bloqueadores de poros ou hidrofugantes de superfície. A Figura 5 apresenta um resumo das principais características de cada tipo de revestimento.

Os bloqueadores de poros reduzem a penetração de água e aumentam a dureza do concreto, sendo os silicatos os mais utilizados.

Dentre os formadores de películas pode-se citar as tintas e vernizes, sendo os mais utilizados o Látex PVA, látex acrílico, poliuretano e epóxi (CAMPOS, 2016).

Os hidrofugantes de superfície penetram nos poros capilares da superfície de concreto e alteram o ângulo de contato entre as paredes desses poros e a água. Os mais utilizados são os silicones – silanos e siloxanos (CAMPOS, 2016).

Há também a possibilidade de revestir a armadura. Araujo (2015) explica que o revestimento das armaduras de aço-carbono das estruturas de concreto é uma técnica de proteção contra corrosão bastante difundida em muitos países e que normalmente, a proteção por barreira é obtida na indústria, revestindo a armadura com pintura epoxídica ou mediante sua zincagem.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 5 – Classificação dos revestimentos segundo Campos (2016)

3.4 Técnicas eletroquímicas

Proteção catódica

Segundo Cascudo (2015), proteger catodicamente uma estrutura metálica significa eliminar as áreas anódicas da superfície do metal, fazendo com que toda a estrutura adquira um comportamento catódico. Isto pode ser feito através da imposição de uma corrente contínua que pode ser fornecida por uma fonte externa de alimentação, denominada de Proteção por corrente impressa ou então por um metal de potencial mais negativo, chamada de proteção por ânodo de sacrifício.

Cor

rente impressa

A corrente impressa consiste em instalar um leito de ânodos na superfície do concreto, proteger este leito com uma camada de revestimento, em geral cimentício, e por meio de uma fonte externa aplicar uma corrente catódica (polo positivo conectado ao ânodo e o ânodo negativo à armadura), tornando a armadura catódica (PANOSSIAN, 2010). A Figura 6 apresenta um sistema de proteção catódica de corrente impressa.

ISBN: 978-85-65425-32-2

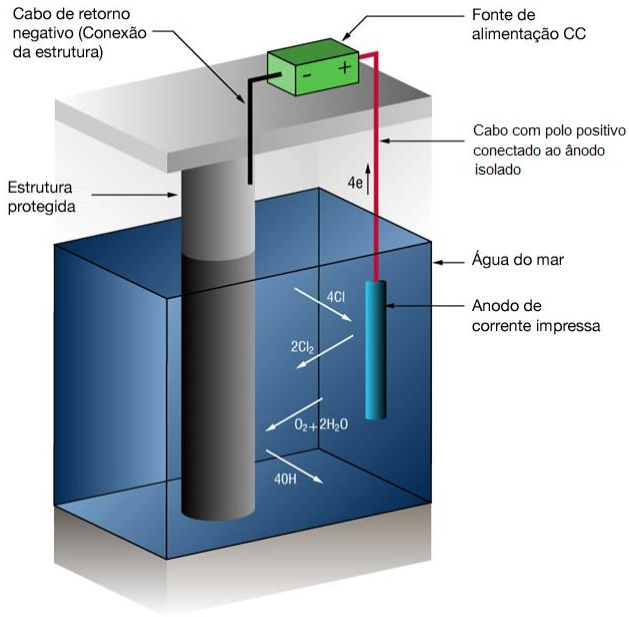


Figura 6 – Sistema de proteção catódica de corrente impressa adaptado de Baxter e Britton (2011)

Ânodo de sacrifício

O sistema usual de proteção por ânodo de sacrifício envolve a aplicação de um campo elétrico por meio da diferença de potencial entre as armaduras presentes no interior do concreto e um eletrodo externo constituído por uma malha metálica menos nobre que o aço-carbono, imersa em um reservatório de eletrólito.

Desta forma, os íons cloreto tendem a migrar pela ação do campo elétrico formado, da armadura (cátodo), até a malha externa (ânodo) e após algumas semanas, o eletrólito colocado junto ao ânodo é removido juntamente com o ânodo e os íons cloreto que migraram para essa região (CAMPOS, 2016). Durante o processo, ocorre também a produção de íons hidroxila (OH-) na superfície da armadura, havendo um aumento do pH (CASCUDO, 1997).

Os principais ânodos de sacrifício são ligas metálicas ou a pura forma de zinco, alumínio ou magnésio (CASCUDO, 2015).

A Figura 7 esquematiza a aplicação do ânodo de sacrifício.

ISBN: 978-85-65425-32-2

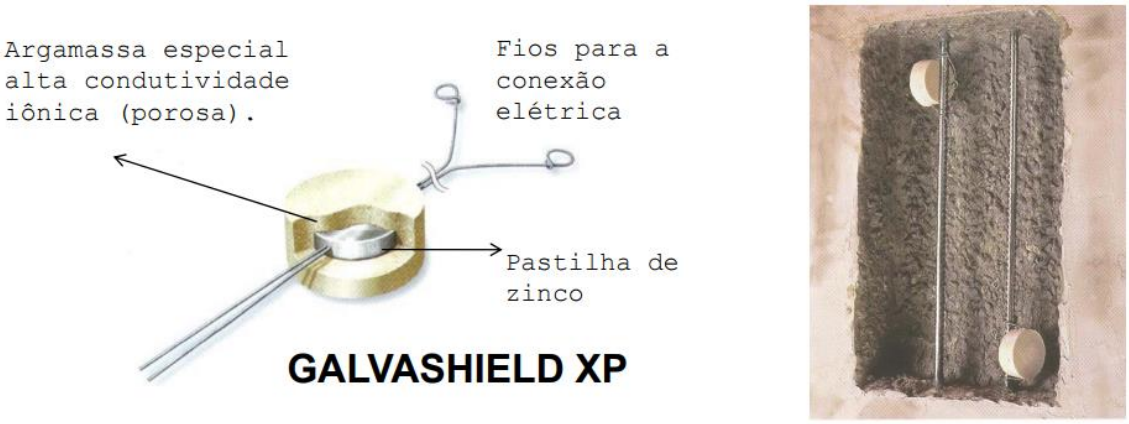


Figura 7 - Ânodo de sacrifício segundo Panossian (2010)

Para o autor, a aplicação da proteção catódica é mais utilizada em estruturas expostas ao ataque de cloretos e reconhecida como a única técnica capaz de interromper o processo corrosivo em estruturas de concreto. Pode ser aplicada tanto para prevenir a corrosão e prolongar a vida útil de estruturas novas, como para diminuir a taxa de corrosão em estruturas que já apresentam certo grau de deterioração.

Realcalinização eletroquímica

A realcalinização eletroquímica consiste na aplicação de uma corrente elétrica e é realizada através de uma malha metálica que funciona como um ânodo, em geral de titânio ou aço inoxidável, imersa em um eletrólito e depositada sobre o concreto, conectada ao pólo positivo de uma fonte de corrente contínua, onde a armadura do concreto é conectada ao pólo negativo. Quando aplica-se uma corrente elétrica no sistema através da fonte, a solução alcalina é transportada para o interior do concreto através de um mecanismo eletro-osmótico, promovendo sua realcalinização. (GENTIL, 2012). A Figura 8 esquematiza este processo.

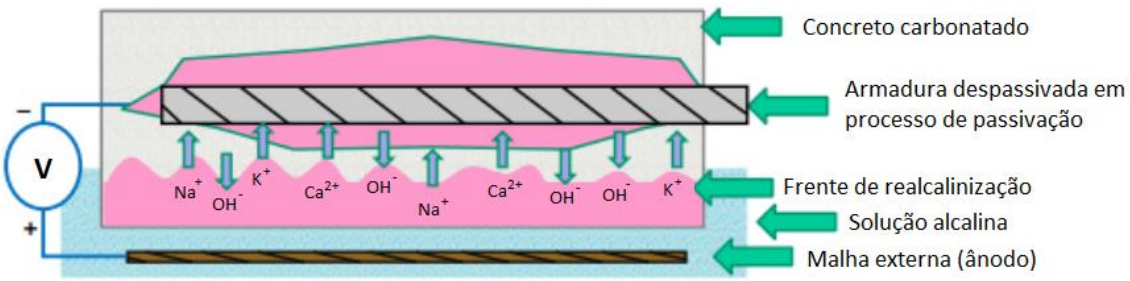


Figura 8 – Realcalinização eletroquímica adaptado de Campos (2016)

4. Conclusões

A corrosão das armaduras é o fenômeno mais frequente de degradação das estruturas de concreto armado podendo se tornar muito oneroso o seu reparo ou recuperação se não

ISBN: 978-85-65425-32-2

houver inspeções e manutenções periódicas, além de comprometer as estruturas tanto do ponto de vista estético como estrutural. Este fenômeno só ocorre quando as condições de proteção proporcionadas pelo cobrimento de concreto não são suficientes, o que pode ser acarretada por diversos fatores, sendo de extrema importância identificá-los para que se possa determinar qual a melhor forma de executar uma proteção efetiva e duradoura.

Existem tecnologias disponíveis no mercado que, se adequadamente aplicadas, podem prolongar a vida útil das estruturas, além é claro de sua concepção deste a etapa de projeto, observando os cobrimentos mínimos estipulados em norma de acordo com a agressividade do ambiente em que a construção estará inserida, a qualidade do concreto e a uniformidade de execução. Como a corrosão é um fenômeno expansívo é possível que seja visualizada e identificada na maioria das vezes em tempo hábil de se tomar medidas de reparos e proteção, que devem obrigatoriamente eliminar as causas desse fenômeno objetivando aumento da vida útil da edificação.

Diante da grande variedade de sistemas de proteção existentes no mercado, cabe ao profissional atuante na área conhecer os mecanismos e suas formas de aplicação, bem como os processos de deterioração das estruturas, visando especificar a melhor solução para cada situação.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, J. J. O. (1997). *Durabilidade das Estruturas de Concreto Armado:* Análises das Manifestações Patológicas nas Estruturas no Estado de Pernambuco. 148 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, Brasil.

ARAUJO, A. (2015). Estruturas zincadas por imersão a quente em concreto armado. *Corrosão & Proteção*. Rio de Janeiro, ano 12, n. 55, Fevereiro/Março.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2014). *NBR 6118*: Projeto de estruturas de concreto – procedimentos. Rio de Janeiro.

_____. (2009). *NBR 7211*: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro.

BARBOSA, F.R.; CARVALHO, J.R; COSTA e SILVA, A.J.; FRANCO, A.P.G; MOTA, J.M.F. (2012). *Corrosão de armadura em estrutura de concreto armado devido ao ataque de íons cloreto.* 54º Congresso Brasileiro de Concreto. Maceió.

BAXTER,R., BRITTON, J. (2011). *Proteção Catódica Offshore:* o que é e como funciona. Disponível em: < http://www.cathodicprotection101.com/protecao-catodica.htm>. Acesso em: 24 jun 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

CAMPOS, H. F. (2016). *Materiais e Técnicas para Reparo de Estruturas de Concreto*. Notas de aula. Disponível em: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/2/25/Heloisa_Campos_e_T%C3%A9cnicas_para_reparo.pdf>. Acesso em: 24 jun 2017.

CASCUDO, O. (1997). *O controle da corrosão de armaduras em concreto*: inspeção e técnicas eletroquímicas. 237 f. 1ª Edição. Goiânia: Ed. UFG.

_____. (Org.) (2005). *Inspeção e diagnóstico de estrutura de concreto com problemas de corrosão da armadura*. Vol. 2. São Paulo: IBRACON.

_____. (2015). Proteção Catódica. *Corrosão & Proteção*. Rio de Janeiro, ano 12, n. 55, Fevereiro/Março.

CEB. (1984). *Durability of concrete structures*. Report of CEB-RILEM International workshop. Copenhague, Mai, 1983; CEB Bulletin D'Information, N 152.

FIGUEIREDO, E. P. (2005). *Efeitos da carbonatação e de cloretos no concreto*. Vol. 2. São Paulo: IBRACON.

FUSCO, P. B. (2012). *Tecnologia do concreto estrutural*: tópicos aplicados. 199 f. 2ª Edição. São Paulo: Ed. Pini.

GEMELLI, E. (2001). Corrosão de Materiais Metálicos e sua Caracterização. Rio de Janeiro: LTC.

GENTIL, V. (2012). *Corrosão*. 5ª Edição, Rio de Janeiro: Editora LTC.

HELENE, P.R.L. (1993). *Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado.* São Paulo. Tese de Livro Docência - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

_____. (1995). *Vida útil das estruturas*. Téchne. nº 17, p. 28-31.

HELENE, P. R. L., RIBEIRO, D. V. (Org.). (2014). *Corrosão em estruturas de concreto armado*: Teoria, controle e métodos de análise. 1ª Edição, Rio de Janeiro: Elsevier.

MEHTA. P.K.; MONTEIRO, P.J.M. (2014). *Concreto: Estrutura, propriedades e materiais.* 2ª ed. São Paulo: Ed. Ibracon.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MOREIRA, A. R. (2015). Corrosão e manutenção do concreto e suas armaduras. *Corrosão & Proteção*. Rio de Janeiro, ano 12, n. 55, Fevereiro/Março.

MOTA, A. C. M. (2011). *Avaliação da presença de cloretos livres em argamassas através do método colorimétrico de aspersão da solução de nitrato de prata*. 109 f. Dissertação de Mestrado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil.

NEPOMUCENO, A. A. (2005). *Mecanismo de transporte de fluidos no concreto*. Vol. 2. São Paulo: IBRACON.

NEVILLE, A. M. (2015). *Propriedades do Concreto*. 912 f. 5ª Edição. Porto Alegre: Ed. Bookman.

PANOSSIAN, Z. (2010). Novas Tecnologias para Reparo e Proteção contra Corrosão de Concreto Armado. Apresentação INTERCORR – ABRACO.

PEDROSO, F.L. (2009). *Concreto: as origens e a evolução do material construtivo mais usado pelo homem.* Concreto e construções – IBRACON, edição 53, São Paulo. Disponível em: <http://ibracon.org.br/publicacoes/revistas_ibracon/rev_construcao/pdf/Revista_Concreto_53.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2017.

POSSAN, E. (2010). *Modelagem da carbonatação e previsão de vida útil de estruturas de concreto em ambiente urbano*. 265 f. Tese de Doutorado em Engenharia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

SILVA, F. G. (2006). *Estudo de concretos de alto desempenho frente à ação de cloretos*. 236 f. Tese de Doutorado. Interunidades em Ciência e Engenharia dos Materiais IFSC – IQSC – EESC, Universidade de São Paulo. São Carlos, Brasil.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

APLICAÇÃO DE MÉTODO QUANTITATIVO PARA AVALIAÇÃO DE MARQUISES: UM ESTUDO DE CASO NA W3 SUL

Application Of Quantitative Method For Assessment Of Marquises: A Case Study On W3 Sul

Gabriel ALBERTON[1]

[1] UniCEUB, Brasília, Brasil, gabrielalberton@hotmail.com

Resumo: O tempo mostrou que o concreto armado possui limitações que não foram levadas em conta há 60 anos atrás. Acidentes estruturais, especialmente com marquises, são cada vez mais frequentes, alertando ao risco da falta de atenção à esses elementos. Com o objetivo de se iniciar um estudo quantitativo, a fim de dimensionar o grau de deterioração desses elementos e ranqueá-los de acordo com seu nível de deterioração, realizou-se o estudo de 16 marquises na região central de Brasília: a W3 sul. Através de inspeção visual, identificou-se as manifestações patológicas de importância estrutural e em seguida aplicou-se a metodologia GDE/UnB para determinação de grau de criticidade das estruturas analisadas. Os resultados obtidos, além de auxiliarem a classificação das marquises, evidenciam a importância da realização de inspeções: Dentre as 16 marquises, apenas 3 apresentaram valores aceitáveis de deterioração. Através de reordenação, catalogou-se as marquises de acordo com seu nível de deterioração e providências a serem tomadas.

Palavras-chave: Marquises. GDE/UnB. Patologia. W3 sul.

Abstract: Time has shown that reinforced concrete has limitations that were unknown to 60 years ago. Structural accidents, especially with marquises, are becoming more frequent, alerting to the risk that the lack of attention to these elements can bring. With the objective of starting a quantitative study, in order to determine the degree of deterioration of these elements and rank them according to their level of deterioration, a study was carried out of 16 marquises in the central region of Brasilia: A W3 south. Through visual inspection, pathological manifestations of structural importance were identified and the GDE/UnB methodology was applied to determine the degree of criticality. The results obtained evidenced the importance of conducting inspections. Among the 16 marquises, only 3 presented acceptable values of deterioration. Through reordering, the marquises were cataloged according to their level of deterioration and the measures to be taken

Keywords: Marquises. GDE/UnB. Pathology of structures. W3 Sul.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

Projetada para ser um shopping aberto, a W3 SUL completa seu aniversário de 60 anos. Com mais de 3600 metros lineares de marquises com vãos livres de, em geral, 3 metros, o conjunto de quadras comerciais da W3 SUL mostram sinais severos de deterioração.

Este trabalho apresenta uma aplicação de método quantitativo (GDE/UnB) para avaliação de criticidade destas estruturas. Para alcançar este resultado, foram realizadas inspeções visuais, relatórios fotográficos, análise de patologias, confecção de laudos e planilhas eletrônicas.

A estruturação do trabalho se apresenta nas seguintes seções: Após breve introdução teórica sobre marquises e metodologia de inspeção, segue detalhes sobre o caso escolhido, seguido da metodologia utilizada, da apresentação de resultados e por fim, a conclusão.

2. Marquises

Marquises podem ser definidas como estruturas em balanço, com diferentes configurações estruturais, mas como principal característica o apoio engastado no plano das fachadas (JORDY; MENDES 2006). Apesar de nem sempre indispensáveis, as marquises possuem funções importantes, como proteção contra chuva, sol e até quedas de objetos, no caso de edifícios (MEDEIROS; GROCHOSKI, 2007).

2.1 Configuração estrutural e riscos

A configuração estrutural das marquises acumula características merecedoras de extrema atenção. As principais informações iniciais para se projetar uma marquise são o vão do balanço e a carga aplicada. Em sua maioria, são engastadas em uma extremidade, e livres em outra, estando este único apoio com restrições à deslocamentos verticais, horizontais e à rotação. Esta configuração, além de oferecer pouca redundância, provoca predominantemente momentos negativos, logo tração, logo armação em sua face superior que, por mais uma infeliz coincidência, é a superfície mais atingida por intempéries. Além das particularidades estruturais, as marquises costumam se projetar sobre locais públicos e com fluxo de pedestres, trazendo riscos que excedem a ocupação da edificação. Na Figura 1, observa-se um exemplo de configuração, com dois modos diferentes de ancoragem.

ISBN: 978-85-65425-32-2

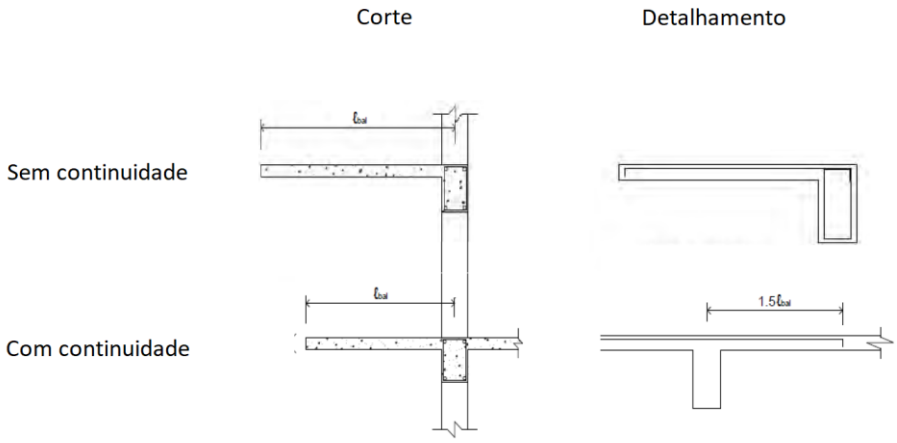


Figura 1 - Corte e detalhamento de marquises exemplo. Fonte: do autor (2017)

Além desta configuração mais comum, diversas combinações de elementos são possíveis, como com uso ou não de vigas de apoio, na parte inferior ou superior (viga invertida) da laje, com seção contínua ou variada.

2.2 Manifestações patológicas

2.2.1 - Aspectos gerais

Segundo Souza (1998), patologia das estruturas consiste em ramo da Engenharia das Construções cujo o estudo se concentra nas origens, formas de manifestação, consequências e mecanismos de ocorrência das falhas e dos sistemas de degradação das estruturas, ou seja, das manifestações patológicas.

Tais manifestações patológicas podem advir de diferentes origens, desde a fase de projeto e execução até a própria fase utilização. Se tratando de marquises de concreto armado, estas manifestações podem estar relacionadas ao concreto, às armaduras, ao sistema de drenagem e até ao sistema impermeabilização.

2.2.2 - Devido à sobrecargas

A aplicação de cargas superiores às previstas em projeto é um erro comum. Porém, se tratando de marquises, as consequências podem ser ainda mais graves. Até a simples ausência de manutenção pode ser causa de sobrecarga não prevista, como em casos de entupimento ou subdimensionamento do sistema de drenagem, provocando acúmulo de água. Esta é a principal hipótese para o desabamento da marquise do Anfiteatro da Universidade Estadual de Londrina em 2006.

Outro caso comum é a carga por aplicação de argamassa sobre a marquise para proporcionar caimento em direção ao sistema de drenagem. Em alguns casos esta camada chega a ter espessura maior que a da própria laje (Figura 2). A camada de

ISBN: 978-85-65425-32-2

impermeabilização deve ser renovada periodicamente, evitando sempre o acumulo de camadas.

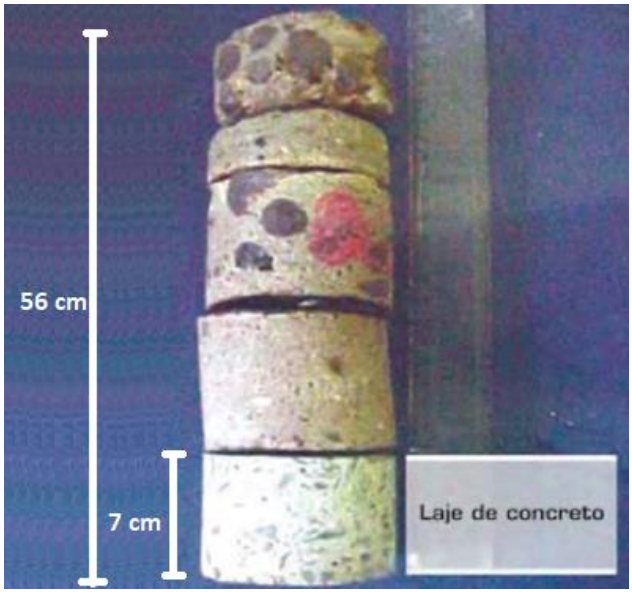


Figura 2 - Camadas sucessivas de impermeabilização sobre marquise. Fonte: Medeiros e Grochoski (2007)

Outro fator que provoca sobrecarga em marquises é o seu uso inadequado através da adição de equipamentos como aparelhos de ar condicionado, letreiros comerciais, compressores, etc. Durante a vistoria, presenciou-se inclusive a ocupação destas áreas para fins residenciais (Figura 3).

Figura 3 – Marquise sendo usada como extensão à residência. Fonte: do autor (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2.3 - Falhas no projeto

Marquises de concreto armado devem ser projetadas de forma criteriosa, de modo a, **no mínimo**, se enquadrarem na Classe de Agressividade CAA II, conforme tabela 6.1 da norma NBR 6118:2014.

Deve-se dar a atenção devida à espessura *h*, que deve garantir uma rigidez adequada e evitar deformações excessivas. Deve-se atentar também ao detalhamento da ancoragem da armadura negativa, que tem estrema importância no equilíbrio deste elemento. Recomenda-se ainda o uso de uma armadura positiva de distribuição, de modo a prevenir possível inversão do diagrama de momentos fletores em caso de escoramento incorreto.

Uma referência de acidente de marquise decorrente de falhas no projeto foi o caso do colapso ocorrido no Restaurante da Tijuca, Rio de Janeiro, em 1992, onde foi observada a deficiência de armadura na viga tipo balcão que sustentava a marquise. (MEDEIROS; GROCHOSK, 2007).

2.2.4 - Falhas na execução

Diversas são as causas de erros na fase de execução. Algumas delas são:

- Interpretação errada das especificações do projeto;
- Falha no posicionamento de armaduras negativas, principalmente devido ao trânsito de operários;
- Ausência de critério quanto a produção/recebimento, lançamento, adensamento e cura do concreto;
- Erros de escoramento e de retirada de escoramento – inversões nos diagramas de esforços solicitantes.

O posicionamento das armaduras acima do local especificado provocará falta de cobrimento adequado levando as armaduras ao processo de corrosão. De outro modo, o posicionamento inferior ao especificado reduz o valor de c (altura útil) provocando aumento das tensões tanto na barra de aço, quanto na área de concreto comprimida.

2.2.5 - Manutenção

O usuário muitas vezes pode vir a se tornar o principal agente gerador de deterioração (SOUZA; RIPPER 1998). Serviços como a execução e manutenção adequada do sistema de impermeabilização e até mesmo a simples remoção de sujeiras que podem vir a dificultar ou impedir a drenagem da água, muitas vezes são deixados ao esquecimento. Notadamente no caso de marquises, o desgaste por falta de manutenção é potencialmente perigoso.

3. Inspeção de marquises

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.1 Metodologia Gde/UnB

A metodologia conhecida como GDE/UnB é utilizada para avaliação do grau de deterioração de um elemento ou de uma estrutura. Esta metodologia foi desenvolvida por Castro (1994), recebendo posteriormente alterações em trabalhos de mestrado desenvolvidos por Lopes (1998), Boldo (2002), Fonseca (2007) e Souza (2009), sendo aplicada em diversas edificações de distintas naturezas.

O grau de deterioração de uma estrutura é definido a partir da obtenção do grau de dano de cada elemento, em seguida o grau de deterioração da família e por fim, da estrutura.

No caso do presente trabalho, o uso da metodologia partiu da última aplicação descrita por Souza (2009), conforme fluxograma apresentado na Figura 4, com pequenas adaptações:

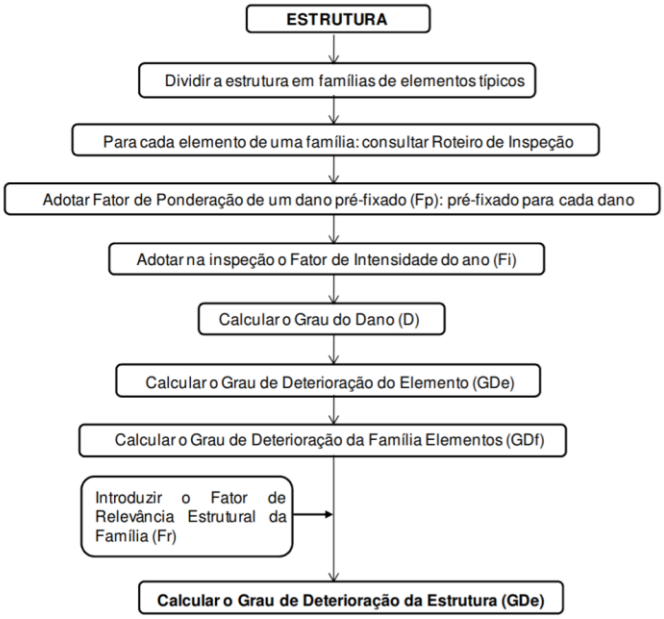


Figura 4 - Fluxograma de avaliação do grau de deterioração de acordo com Souza. Fonte - Souza (2009)

A determinação do grau de deterioração é feita mediante adoção de Fatores de Ponderação (Fp) e Fatores de Intensidade (Fi) de manifestação de cada dano, conforme descrito adiante.

3.2 Fator de ponderação

O *Fator de Ponderação* quantifica a importância relativa de um determinado dano, no que se refere às condições gerais de estética, funcionalidade e segurança dos elementos, tendo em vista as manifestações patológicas possíveis de serem neles detectadas e em função da família de elementos que apresentam o problema. Este fator varia em uma escala de 1 a 5.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Para o caso de avaliação em marquises de concreto armado, foram adotados os valores de Fator de Ponderação constantes do Quadro 1, com base nos valores assumidos por Souza (2009) para lajes.

Quadro 1 - Manifestações patológicas em marquises de concreto armado e seus respectivos Fatores de Ponderação.

Danos	F_p
Carbonatação	3
Cobrimento deficiente	3
Contaminação por cloretos	4
Corrosão das armaduras	5
Desagregação	3
Desplacamento	3
Eflorescência	2
Falhas de concretagem	3
Fissuras	2 a 5*
Flechas	5
Manchas	3
Umidade	3
Desvio de geometria	3

Fonte: Souza (2009)

* Esta manifestação patológica possui Fatores de Ponderação (Fp) diferentes de acordo com as características da família onde o elemento se insere, dependendo das consequências que o dano possa acarretar (SOUZA, 2009.)

Utilizou-se então adaptações sugeridas por Gonçalves (2011), como a consideração de sobrecarga e a adoção de Fator de Ponderação maior para fissuras, partindo de 3 para fissuras longitudinais à armadura principal, à 5 para fissuras perpendiculares à ela.

3.3 Fator de intensidade

O Fator de Intensidade de um dano (Fi) qualifica a intensidade da evolução de um dano. De acordo com a metodologia GDE/UnB descrita por Souza (2009) seu valor varia entre 0 e 4, sendo dada a classificação descrita no Quadro 2, abaixo:

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 2 - Fator de intensidade de manifestação de um dano

Descrição	F_i
Elemento sem lesões	0
Elemento com lesões leves	1
Elemento com lesões toleráveis	2
Elemento com lesões graves	3
Elemento em estado crítico	4

Fonte: do autor (2017)

3.4 Cálculo de grau de deterioração do elemento (Gde)

Para cálculo do Grau de Deterioração do Elemento Estrutural (Gde) é necessário inicialmente obter seu respectivo Grau do Dano (D), de acordo com as Equações 1 e 2, a seguir:

$D = 0{,}8.Fi\ .Fp$ para $Fi \leq 2{,}0$ (1)

$D = (12.Fi - 28).Fp$ para $Fi \geq 3{,}0$ (2)

Onde:

D – Grau do Dano;

Fi - Fator de intensidade;

Fp - Fator de ponderação.

O Grau de Deterioração do Elemento (Gde) é dado pela Equação 3:

$$G_{de} = D_{máx}\left[1 + \frac{\sum_{i=1}^{m} D_{(i)} - D_{máx}}{\sum_{i=1}^{m} D_{(i)}}\right] \quad (3)$$

No específico caso deste trabalho, por se tratar de apenas um elemento em cada família, considerou-se Gde = Gdf.

Por fim, para o cálculo do Grau de deterioração global da estrutura (Gd) utiliza-se a Equação 4 com os devidos *Fatores de Relevância Estrutural* (Fr) para cada tipo de elemento, não

ISBN: 978-85-65425-32-2

sendo esta fase necessária para marquises compostas apenas por laje em engaste (onde Gdf = Gd).

$$G_d = \frac{\sum_{i=1}^{k} F_{r(i)} . G_{df(i)}}{\sum_{i=1}^{k} F_{r(i)}} \quad (4)$$

4. Estudo de caso

4.1 Marquises da comercial W3 SUL

A W3 SUL é uma avenida localizada na região sul do Plano Piloto e faz parte da área tombada como Patrimônio Cultural da Humanidade, concedido pela UNESCO. O início de sua construção se deu após o encerramento do concurso nacional para o Plano Piloto de Brasília, em 1957, 60 anos antes da elaboração deste trabalho. Com intuito de criar um shopping aberto, Lucio Costa projetou quadras com marquises em seu comprimento (ao total, aproximadamente 3600 metros lineares), vencendo vãos de 3 metros e oferecendo abrigo aos pedestres.

Infelizmente, por questões sociais, descaso e falta de fiscalização, a W3 SUL enfrentou um abandono geral, abrindo espaço para vandalismo e depreciação. Junto com a transformação do espaço, veio também o descuido com sua manutenção. Marquises com 60 anos, em péssimo estado de conservação, abrigam pedestres e recebem letreiros e sobrecargas não previstas.

5. Metodologia

As inspeções foram feitas a partir de uma avaliação das condições gerais das marquises, tais como, estado de conservação, sinais de manutenção realizada, existência e condição do sistema de drenagem e de impermeabilização. Durante esta inspeção observou-se, em diversas unidades, a aplicação de “maquiagem”, forros e outros elementos de bloqueio visual a fim de ocultar o real estado da marquise, como mostrado na Figura 5.

ISBN: 978-85-65425-32-2

a) b)

Figura 5 - (a) Marquise L903; (b) Marquise L512. Fonte: do autor (2017)

A fim de avaliar separadamente cada elemento, dividiu-se o bloco em trechos de acordo com as devidas juntas ou intervalos. O primeiro grupo de marquises (Figura 6) fica localizado na quadra 505 da Asa Sul, Brasília. O segundo e menor grupo (Figura 7) pertence à quadra 509, no mesmo bairro.

Figura 6 - Grupo de marquises 1 – quadra 505. Fonte: do autor (2017)

Figura 7 - Grupo de marquises 2 – quadra 509. Fonte: do autor (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Utilizou-se então uma planilha (Quadro 3) baseada nas definições da Metodologia GDE/UnB, para inserção e cálculo do Grau de Deterioração do Elemento (Gde).

Quadro 3 - Planilha de cálculo do Grau de Deterioração de elementos

Calculo do grau de Deterioração da Laje (Gde)				
Código de identificação da Marquise:	L505			
Esquema estrutural	laje engastada			
Data da Vistoria	05/02/17			
Danos	**Fator de Ponderação (Fp)**	**Fator de intensidade (Fi)**	**Grau de Dano (D)**	**Esquema Estrutural/Observações**
Carbonatação	3	0	0	
Cobrimento deficiente	3	0	0	
Contaminação por cloretos	4	0	0	
Corrosão das armaduras	5	0	0	
Desagregação	3	0	0	
Desplacamento	3	2	4,8	
Eflorescencia	2	0	0	
Falhas de concretagem	3	0	0	
Fissuras (Fp - 3 a 5)	3	0	0	
Flechas/sobrecarga excessiva	5	0	0	
Manchas	3	1	2,4	
Umidade	3	2	4,8	
Desvio de geometria	3	0	0	
Grau de deteriorização do elemento - Gde:	*6*			
Grau de deterioração:	Baixo			
Ações a serem adotadas:	Estado aceitável. Manutenção preventiva.			

Fonte: do autor (2017)

No caso das marquises constituídas apenas por laje em engaste, considerou-se

Gde = Gdf = Gd

Nas demais, usou-se o Quadro 4 para aplicação dos fatores de relevância afim de se obter a devida ponderação dos valores inseridos, e o então valor de Gd.

Quadro 4 - Exemplo de planilha eletrônica para determinação do Grau de Deterioração Global da Estrutura

Grau de Deterioração Global da Estrutura (Gd)				
Marquise:				
Família de elementos	**Gdf**	**Fr**	**Fr x Gdf**	**Grau de deteriorização da estrutura**
Vigas engastadas	41	5	204	
Lajes	33	4	130	37
Total	**73**	**9**	**335**	

Fonte: do autor (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

6. Resultados obtidos

Com base nos dados obtidos nas inspeções, utilizou-se da metodologia GDE/UnB para estimativa de grau de risco dos casos estudados. Os resultados obtidos com esta aplicação estão resumidos no Quadro 5 e no gráfico da Figura 8.

Quadro 5 - Resultados da aplicação da metodologia GDE/UnB

Código	Gd	Nível de deterioração
L501	47	Médio
L502	24	Médio
L503	37	Médio
L504	31	Médio
L505	6	Baixo
L506	11	Baixo
L507	10	Baixo
L508	29	Médio
L509	95	Sofrível
L510	50	Alto
L511	95	Sofrível
L512	113	Crítico
L902	53	Alto
L903	157	Crítico
L904	63	Alto
L906	158	Crítico

Fonte: do autor (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

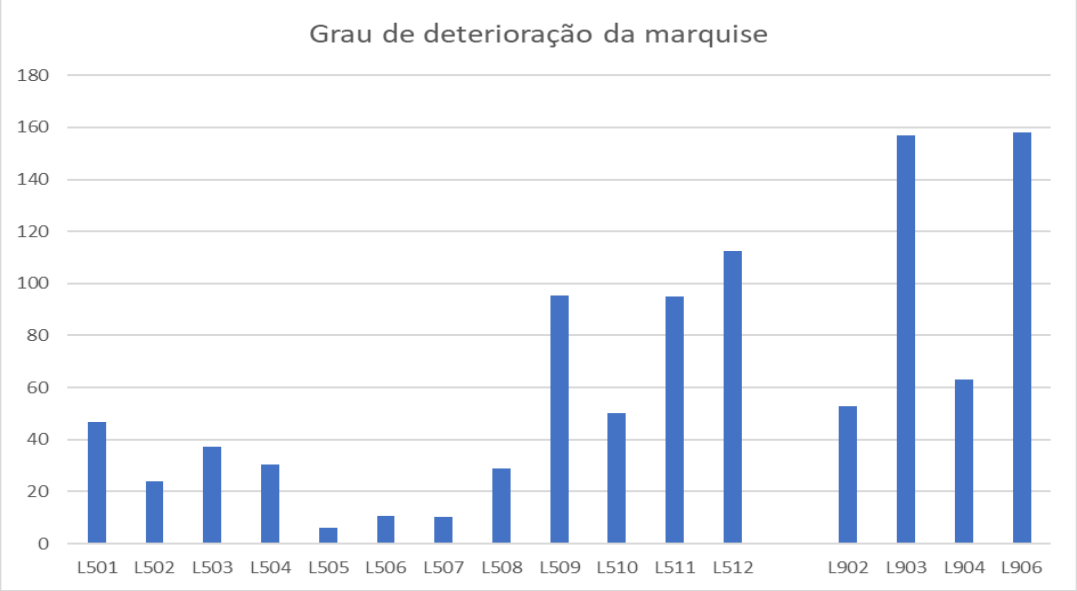


Figura 8 - Gráfico de resumo dos resultados da aplicação de metodologia GDE/UnB. Fonte: do autor (2017)

Após anotados os dados de criticidade, criou-se a planilha de ranking. O ranqueamento através do grau de deterioração da estrutura oferece a possibilidade de ações logísticas melhoradas. Sua possível utilização vai desde distribuição de recursos destinados a manutenções, até gestão de equipes em órgãos fiscalizadores. Segue no Quadro 6 a planilha de ranqueamento, com respectivo gráfico de distribuição (Figura 9).

Quadro 6 - Tabela tipo ranking, com separação por nível de criticidade

Codigo	Gd	Nível de deterioração	Providência
L906	158	Crítico	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.
L903	157	Crítico	
L512	113	Crítico	
L509	95	Sofrível	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. (máx de 6 meses).
L511	95	Sofrível	
L904	63	Alto	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. (máx de 1 ano).
L902	53	Alto	
L510	50	Alto	
L501	47	Médio	Definir prazo/natureza para nova inspeção. (máx de 2 anos).
L503	37	Médio	
L504	31	Médio	
L508	29	Médio	
L502	24	Médio	
L506	11	Baixo	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
L507	10	Baixo	
L505	6	Baixo	

Fonte: do autor (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

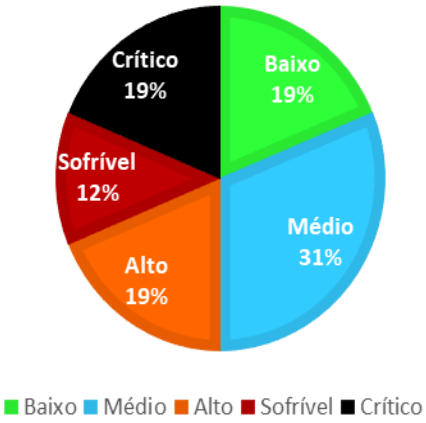


Figura 9 - Resultados de nível de criticidade. Fonte: do autor (2017)

7. Conclusões

Os resultados obtidos através do uso da metodologia GDE/UnB mostraram que grande parte das marquises inspecionadas necessitam de algum tipo de monitoramento. Notou-se a importância do constante desenvolvimento de metodologias de inspeção específicas para identificação de risco neste tipo de estrutura. Uma metodologia otimizada, objetiva e específica viabilizaria acompanhamento do estado de conservação das marquises, evitando fatos inesperados.

Não servindo apenas para situações críticas, a metodologia oportuniza uma melhor compreensão do estado da estrutura, auxiliando assim na sua manutenção e na correta aplicação de recursos financeiros e humanos para isso.

Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118:2014 - Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. ABNT, 2014.

FONSECA, R. P. A estrutura do Instituto Central de Ciências: Aspectos históricos, científicos e tecnológicos de projeto, execução, intervenções e propostas de manutenção. Dissertação de Mestrado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental /UNB, 2007.

GONÇALVES, M. O. Marquises de concreto armado da cidade de Viçosa-MG: Manifestações patológicas, inspeção e avaliação de grau de deterioração. M. Sc. Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro, 2011.

JORDY, J. C.; MENDES, L. C. Análise e Procedimentos Construtivos de Estruturas de Marquises com Propostas de Recuperação Estrutural. Niterói: UFF, 2006.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MEDEIROS, M. H. F.; GROCHOSKI, M. Marquises: Por que algumas caem? v. 12, n 24, São Paulo: Revista Concreto, 2007, p.10-17.

MOREIRA, A. L. A. A Estrutura do Palácio da Justiça em Brasília: Aspectos Históricos, Científicos e Tecnológicos de Projeto, Execução, Intervenções e Proposta de Estratégias para Manutenção. Dissertação de mestrado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental /UNB, 2007.

SOUZA, D. A. S. A estrutura do Teatro Nacional Claudio Santoro em Brasília: histórico de projeto, execução, intervenções e estratégias para manutenção. Dissertação de Mestrado. Brasília: Departamento de Engenharia Civil e Ambiental /UNB, 2009.

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

THOMAZ, E. Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação. São Paulo: Editora PINI, 1989.

BOLDO, P., 2002. Avaliação Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro. Dissertação de Mestrado, Publicação E.DM-001A/02, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 295p.

CASTRO, E. K. (1994), Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 185p,

Dezembro.

LOPES, B.A.R.(1998), Sistema de manutenção estrutural para grandes estoques de edificações: Estudo para inclusão do componente Estrutura do Concreto. Dissertação de Mestrado em Estruturas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 308p. Setembro.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DA CORROSÃO DE ARMADURA POR ATAQUE DE ÍONS CLORETO EM UMA ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO LOCALIZADA NA REGIÃO LITORÂNEA DO ESPÍRITO SANTO, BRASIL

Analysis Of Steel Corrosion Under Chloride Attack Of A Reinforced Concrete Structure Located In The Coastal Region Of Espirito Santo, Brazil

Karolline MATOS[1], **Rodolfo G. M. de** ANDRADE[2], **Aline P.** ANTONIO[3]

[1] Universidade Vila Velha, Vitória, Brasil, karolline.lyra@gmail.com

[2] Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, Brasil, rodolfo.andrade@ifes.edu.br

[3] Instituto Federal do Espírito Santo, Colatina, Brasil, aline.antonio@ifes.edu.br

Resumo: A corrosão de armaduras de aço é uma manifestação patológica que se intensifica tanto em regiões litorâneas, com a presença de íons cloreto na atmosfera, quanto em zonas industriais ou urbanas, onde há grande concentração de dióxido de carbono. Sua ação sobre a estrutura é destacada como uma das mais severas dentre os mecanismos de degradação do concreto armado, e sua correção, em geral, acarreta em elevados custos, principalmente quando seus sintomas já estão aparentes. Assim, este trabalho visa apresentar conceitos a respeito desta manifestação patológica, assim como as técnicas de avaliação da corrosão em estruturas de concreto armado, por meio de um estudo de caso de uma edificação de concreto armado localizada na região litorânea do Estado do Espírito Santo. Foram realizados ensaios qualitativos, para identificação da presença de cloretos em diversos elementos estruturais por meio de aspersão de solução de nitrato de prata e ensaios de profundidade de carbonatação do concreto por meio de aspersão de solução de fenolftaleína, pois a carbonatação visa facilitar a ação dos cloretos.

Palavras-chave: manifestação patológica, corrosão, nitrato de prata, carbonatação.

Abstract: Steel corrosion is a pathological manifestation that spreads more aggressively not only in coastal regions, due to its chloride ion content, but in industrial areas where there is large emission of carbon dioxide. Amongst deterioration mechanisms, steel corrosion can be found as one of the most severe in reinforced concrete structures and its structural rehabilitation involves high costs, especially when its symptoms are already exposed. Thus, this paper aims to present concepts regarding this pathological manifestation, as well as corrosion assessment techniques for reinforced concrete structures through a case study of a reinforced concrete *structure* located in a coastal region at the State of Espirito Santo, Brazil. Qualitative tests were performed so chloride content in structural elements could be detected via indicators as phenolphthalein and silver nitrate.

Keywords: pathological manifestation, corrosion, silver nitrate, carbonation.

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

O cimento é o segundo produto mais consumido no mundo (ALMEIDA, 2009), e o concreto, o material mais utilizado dentre todas as soluções estruturais (MEHTA, 2008). Dessa maneira, torna-se de grande importância que se estude seu desempenho durante sua vida útil quando aplicado em elementos estruturais. Na etapa de projeto de uma estrutura de concreto armado devem ser levados em consideração parâmetros de durabilidade, enquanto que ao longo de utilização, manutenções preventivas são recomendadas. Porém, tem-se constatado no Brasil atualmente uma degradação precoce das estruturas, acarretando em elevados gastos públicos e privados para reparação e reconstrução das mesmas. Desta forma, é de fundamental importância o conhecimento de como as estruturas de concreto se comportam sob a ação de agentes agressivos ao longo de sua vida útil.

A corrosão do aço no concreto armado pela ação dos íons cloreto e pela carbonatação do concreto são as principais causas da degradação precoce das estruturas (RASHEEDUZZAFAR, 1990). No caso específico do ataque por cloretos, há uma ação que provoca uma destruição localizada da camada passiva do aço. O concreto oferece ao aço uma dupla proteção desta camada: a primeira, física, separa o aço do contato direto com o meio externo e a segunda, química, dada o elevado pH do concreto, o qual promove a formação de uma camada passiva que envolve o aço (HELENE, 1992). A formação e estabilidade dessa camada têm relação com a elevada alcalinidade da solução aquosa presente nos poros do concreto. A camada passiva protetora do aço é gerada a partir de uma rápida e extensa reação eletroquímica que resulta na formação de uma fina camada de óxidos, transparente e aderente ao aço (POURBAIX, 1987). Já o dióxido de carbono, por sua vez, reage com a matriz de cimento hidratada conduzindo a uma diminuição do pH e, consequentemente, à despassivação da armadura fazendo com que o processo de corrosão ocorra de forma generalizada e mais lenta do que quando provocado por cloretos (HELENE, 1992).

Tendo em vista que tais agentes agressivos estão presentes em quantidades de acordo com o ambiente ao qual a estrutura está exposta, deve-se levar em conta que para cada tipo de ambiente tem-se um tipo de projeto estrutural com suas particularidades. Ao se projetar e executar uma estrutura de concreto armado, especialmente em ambientes agressivos, como zonas industriais e marítimas, devem ser considerados a qualidade e desempenho do concreto a ser utilizado, com vistas a aumentar a durabilidade da estrutura. Assim, cada componente na confecção dos concretos deve ser avaliado, de acordo com as particularidades de cada tipo de meio. Dessa maneira, este trabalho apresenta um estudo de uma estrutura de concreto armado localizada na região litorânea do Estado do Espírito Santo em estágio avançado de corrosão de armadura por ataque de íons cloreto.

2. A corrosão do aço em estruturas de concreto armado

A corrosão pode ser entendida como a interação destrutiva de um material com o meio ambiente, como resultado de reações deletérias de natureza química ou eletroquímica, associadas ou não a ações físicas ou mecânicas de deterioração (RIBEIRO, *et al*., 2014). A perda de estabilidade da camada passivadora é que conduz o ferro ao processo de

ISBN: 978-85-65425-32-2

corrosão, a ocorrer pela penetração de substâncias agressivas que atuam através dos seguintes mecanismos: a carbonatação do concreto, que reduz seu pH a níveis insuficientes para manter o estado passivo das armaduras; a presença do agente despassivador íon cloreto em quantidade suficiente para romper localizadamente a camada passivadora e até mesmo a combinação dos dois fatores anteriormente citados (BAUER, 1995).

A composição química do cimento tem grande influência na penetração de íons cloreto, já que o aluminato tricálcio (C3A) e o ferro aluminato tetracálcio (C4AFe) se combinam com os íons cloreto formando os cloroaluminatos e os cloroferratos (MEDEIROS, 1999); essa reação contribui para diminuir o fluxo de penetração de íons cloreto devido à redução da concentração de íons livres na solução aquosa dos poros do concreto. De acordo com (MEHTA, 1994), a capacidade de fixação dos íons cloreto de um cimento ocorre somente quando o conteúdo de C3A é maior que 8%. Assim, quanto mais C3A contiver o cimento, mais tempo levará para se iniciar a corrosão das armaduras (RASHEEDUZZAFAR, 1990). A Figura 1 apresenta uma relação entre o início da corrosão e o teor de C3A.

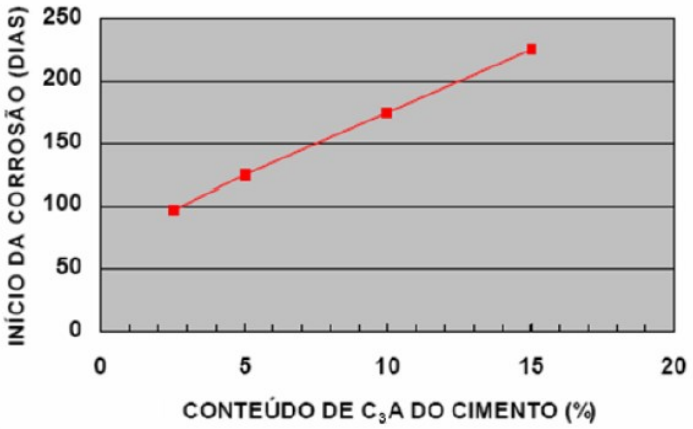


Figura 1 - Efeito do conteúdo de C3A do cimento, no tempo de iniciação da corrosão da armadura do concreto (RASHEEDUZZAFAR, 1990).

3. Técnicas empregadas para avaliação da corrosão do aço em estruturas de concreto armado

3.1 Aspectos gerais

O estudo da corrosão da armadura de uma estrutura de concreto armado não deve se limitar apenas a manifestação que ocorre na armadura, mas também às condições em que se encontra o concreto que a envolve, tendo em vista que o concreto é que oferece a proteção necessária à armadura. Sendo assim, diagnosticada a corrosão, é necessário não apenas realizar ensaios na armadura, mas também no concreto. Os primeiros sintomas de corrosão só aparecem muito depois do processo se ter iniciado e propagado e, por isso, sua identificação precoce é muito difícil (RIBEIRO, *et al*., 2014).

As técnicas mais utilizadas para avaliação e estudo da corrosão em concreto armado são as técnicas eletroquímicas. As vantagens destas técnicas estão em sua rapidez de

ISBN: 978-85-65425-32-2

execução, por não oferecerem sérios danos à estrutura e poderem ser utilizadas tanto em laboratório quanto em campo. (RIBEIRO, *et al*., 2014).

3.2 Inspeção visual

A inspeção visual é uma técnica comumente utilizada com o auxílio de uma máquina fotográfica. Durante a inspeção, em conjunto com o registro fotográfico, são realizadas anotações sobre dos sintomas apresentados pela estrutura. A experiência do inspetor é extremamente importante para correta avaliação do estado de degradação da estrutura. Tal técnica é confirmativa do processo corrosivo, mas dificilmente consegue antecipar outros problemas corrosivos que estejam em formação (RIBEIRO, *et al*., 2014).

No caso da manifestação patológica por ataque de íons cloreto, os sinais mais frequentes e indicadores da corrosão da armadura são: manchas acastanhadas sobre a superfície do concreto, fissuração, degradação e eflorescência. (RIBEIRO, *et al*., 2014).

3.3 Ensaio de profundidade de carbonatação

O ensaio de profundidade de carbonatação é um dos testes mais simples para se avaliarem fenômenos que podem favorecer a corrosão de armadura em estruturas de concreto armado.

O dióxido de carbono, CO_2, presente no ar, penetra através dos poros do concreto e reage com os constituintes alcalinos da pasta de cimento, principalmente com o hidróxido de cálcio. Esse processo leva à formação de carbonatos cálcicos e alcalinos e a uma redução do valor do pH da solução aquosa presente nos interstícios do concreto, que acaba ficando com pH próximo do neutro (ANDRADE, 1992). A redução do pH pode ser visualizada devido à troca de cor de um indicador químico apropriado. A espessura carbonatada denomina-se “profundidade de carbonatação” (ANDRADE, 1992).

Para uma determinação mais precisa da profundidade de carbonatação, é necessário realizar um estudo de secções microscópicas, com auxílio de prismas. Como esta técnica não é muito acessível, recomenda-se a utilização de indicadores à base de fenolftaleína ou equivalentes, que indicam a mudança de pH entre 8 e 11. Este método é uma prática que pode ser empregada com sucesso (RIBEIRO, *et al*., 2014).

A fenolftaleína apresenta coloração róseo-avermelhada com valores de pH iguais ou superiores a 9,5 e incolor abaixo desse valor. Em geral, aplica-se uma solução de 1g de fenolftaleína dissolvida em 50g de álcool e 50g de água, que é aspergida na superfície de fratura (ANDRADE, 2001).

A realização de ensaios dessa natureza deve ser cuidadosa e nunca sobre corpos de prova serrados, molhados ou alterados. Deve-se então quebrar uma porção local (normalmente por flexão) e imediatamente aplicar o indicador (RIBEIRO, *et al*., 2014). Como o ponto de viragem do indicador de fenolftaleína está entre 8 e 10 e a armadura despassiva-se para valores de pH inferiores a 11, não é necessário que a frente de carbonatação esteja encostada à armadura para só nessa altura ocorrer a despassivação do aço. Esta situação

ISBN: 978-85-65425-32-2

induz muitas vezes, ao erro de só se considerar que o concreto esteja sofrendo com o ataque grave por carbonatação quando a mudança de cor do concreto está encostada à armadura (RIBEIRO, *et al*., 2014).

3.4 Aspersão de solução de nitrato de prata

O conjunto de cloretos livres e cloretos combinados, é chamado de cloretos totais. De acordo com os pesquisadores (ANDRADE, 1992), (HELENE, 1993) e (FIGUEIREDO, 2005), apenas os cloretos livres são agentes nocivos à armadura. Porém, os cloretos combinados na forma de cloroaluminatos e cloroferratos, podem tornar-se livres através de reações, como por exemplo, a carbonatação (FRANÇA, 2011).

Tendo em vista que a corrosão induzida por cloretos proporciona um ataque mais severo as armaduras, é importante avaliar a presença dos íons cloretos nos concretos e argamassas. Para isto, existem diversos métodos de análise, alguns deles baseiam-se apenas em análise qualitativa e outros em análise quantitativa.

A escolha do método irá depender do propósito a que se destina a análise, da exatidão, do tempo dos seus resultados, o tempo necessário à aplicação, existência de equipamentos adequados e pessoal especializado, bem como o custo de cada análise (JUCÁ, 2002). A aplicação dos métodos qualitativos é realizada baseado na aplicação de indicadores químicos que, em presença de cloretos, apresentam mudança em sua coloração. Estes métodos podem ser utilizados como um ensaio inicial, para se determinar a presença de cloretos, para então proceder ao envio de amostras para ensaios laboratoriais, que são dispendiosos e demorados (FRANÇA, 2011).

O método de aspersão de solução de nitrato de prata é um método qualitativo utilizado para inspeção de estruturas contaminadas por cloretos, onde é possível identificar a presença de cloretos livres. É um método que consiste em uma aplicação prática e já utilizada em outras pesquisas (MISSAU, 2004). Recomenda-se cuidado quanto a manipulação desta solução, pois ela é irritante à pele e mucosas e também se inalada pode provocar problemas gástricos fatais.

Quando a solução de nitrato de prata é aspergida na superfície do concreto, ocorre uma reação fotoquímica. Essa reação somente ocorre em presença de luz ou catalisada pela mesma. Uma vez preparada a solução de nitrato de prata, ela deverá permanecer em frasco escuro para evitar decomposição pela luz (redução fotoquímica). Devem ser evitados, portanto: calor, luz, fontes de ignição e contaminantes (FRANÇA, 2011). Tendo em vista que o presente método tem sido utilizado em diversos trabalhos de pesquisa, optou-se por este método devido a sua simplicidade e rapidez, uma vez que o objetivo deste trabalho é apenas indicar a presença ou não de íons de cloreto livres na estrutura.

4. Coleta e tratamento dos dados

O objeto de estudo trata-se de um edifício público em estrutura de concreto armado, registrado na Figura 2, construído na década de 1980. Localizado no município de Vitória,

ISBN: 978-85-65425-32-2

no estado do Espírito Santo, faz parte de um complexo à, aproximadamente, 190 metros do mar, conforme Figura 3.

O registro apresentado da Figura 2 à Figura 14 foi feito pela autora, durante seu trabalho de conclusão de curso, no ano de 2015.

Figura 2 - Fachada do edifício

Figura 3 - Localização do edifício

De acordo com a memória de cálculo fornecida (Figura 4), a resistência a compressão de projeto das lajes, vigas e pilares era de 15MPa. Não foram encontrados registros da relação

ISBN: 978-85-65425-32-2

água cimento (a/c) e do cobrimento nominal das peças na memória de cálculo adotados durante a construção.

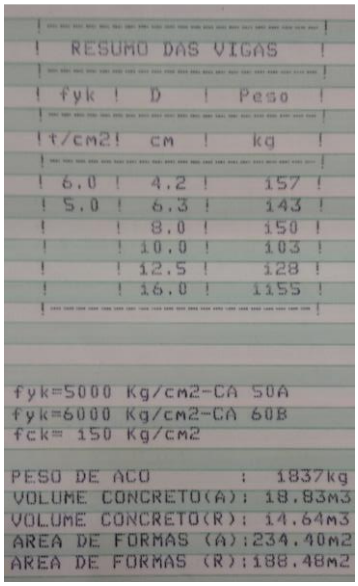


Figura 4 - Registro da memória de cálculo do projeto estrutural

De acordo com dados da estação meteorológica da linha de Santa Maria – Vitória, localizada à mesma distância da influência marítma, a direção predominante do vento neste local é nordeste. Dada a implatanção do edifício, este recebe ao longo do ano ação de vento perpendicular à sua fachada frontal. Dessa maneira, optou-se por realizar ensaios nos pilares da fachada da edificação, em paralelo com um cadastramento, afim de identificar os indícios de corrosão. Os pilares foram identificados de P1 a P15, conforme ilustrado na Figura 5. A fachada do edifício possui 50 metros de largura, do eixo do pilar P1 ao eixo do pilar P15.

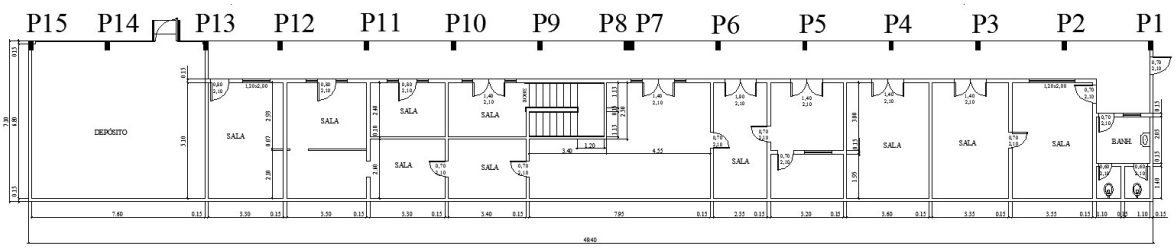


Figura 5 - Planta baixa do edifício

O pilar P1, registrado na Figura 6, tanto em sua borda quanto no topo possui sinais de corrosão de armadura, devido a degradação do concreto e a ausência de manutenção. A armadura encontrava-se exposta devido ao destacamento de parte do concreto em sua base. Com aspecto similar, os pilares P4, P5, P10 e P12 apresentavam as mesmas manifestações patológicas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 6 - Armadura exposta na base do pilar P1

O pilar P2, em registro na Figura 7, apresenta fissuração ao longo de sua altura; destacou-se na imagem a maior concentração de fissuração próxima ao topo. Os pilares P3, P6 a P9, P11, P13 a P15 apresentava aspectos similares ao registrado.

Figura 7 - Fissuras próximas ao topo do pilar 02

ISBN: 978-85-65425-32-2

Além de indícios de corrosão nos pilares, foram também encontrados destacamento do concreto em outros elementos estruturais, exposição de armadura (Figura 8) e também manchas avermelhadas, que indicavam corrosão sob o concreto.

Figura 8 - Armadura exposta na laje do depósito

As lajes em balanço para inserção dos aparelhos de ar condicionado, conforme figura 9, estão com sua armadura exposta e em processo de corrosão, possivelmente causada por exposição constante, além de ciclos de molhagem e secagem causados pelos drenos dos aparelhos. Foi possível constatar visualmente, ainda, que o cobrimento mínimo é insuficiente para o ambiente agressivo que a estrutura se encontra. Registrou-se, também, perda de seção da armadura nas regiões de cobrimento com espessura reduzida.

Figura 9 - Armadura exposta da caixa de ar condicionado da fachada do edifício

5. Resultado dos ensaios

5.1 Profundidade de Carbonatação

Os ensaios de profundidade de carbonatação com uso de fenolftaleína foram realizados em outubro de 2015, em campo. De forma cuidadosa, à medida que as porções do concreto

ISBN: 978-85-65425-32-2

no local eram retiradas e expostas, imediatamente era aplicado o indicador. Para realização dos ensaios foi seguida a seguinte proporção para dosagem de fenolftaleína: 1g de fenolftaleína, 70ml de álcool etílico, 100ml de água destilada (LNEC, 1993). Para realização dos ensaios, dos 15 pilares da fachada foram selecionados 4, sendo estes considerados em maior estágio de degradação, além de apresentarem todas as manifestações patológicas identificadas (fissuração, destacamento, corrosão e manchas avermelhadas). Os pilares selecionados foram P1, P5, P12 e P14.

Em cada etapa, um testemunho foi retirado e cuidadosamente guardado em um saco plástico, conforme. Figura 10, para posterior realização dos ensaios de aspersão de nitrato de prata. Os registros de existência de carbonatação foram importantes para determinação do procedimento a ser adotado no ensaio de aspersão de nitrato de prata.

Figura 10 - Testemunhos retirados para o ensaio de aspersão por nitrato de prata

O registro fotográfico a ser descrito a seguir foi realizado com amostras extraídas dos 4 pilares críticos, considerando uma região íntegra (sem fissuras) e uma região degradada (com processo de fissuração / corrosão). Tal método empregado visou qualificar o concreto ao longo do elemento, não priorizando apenas a região afetada.

5.1.1 - Análise dos Pilares

Para a extração de amostras em região deteriorada, apresentando corrosão e fissuração, os testemunhos foram extraídos manualmente (Pilar P1) ou com auxílio de ferramentas (P5, P12 e P14). Em seguida, aspergiu-se a solução de fenolftaleína sobre as amostras e observou-se que nenhum dos pilares escolhidos apresentou alteração de cor na região deteriorada, comprovando, assim, a carbonatação do concreto. Observou-se um valor médio de 3,0cm no cobrimento dos pilares na região em estudo (Figura 11).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 11 – Aspecto após aspersão de fenolftaleína e medição de profundidade de carbonatação do concreto dos pilares P1, P5, P12 e P14 em região deteriorada

Para todas as amostras extraídas em região íntegra foi necessário a utilização de ferramentas próprias, como marreta e uma ponteira. Após retirada as amostras, a zona fraturada do pilar foi cuidadosamente limpa, afim de se retirar todo o pó proveniente da ação realizada, para que não comprometesse os resultados. Em seguida, a solução foi aspergida e observou-se pouca ou nenhuma coloração no concreto, conforme ilustrado na Figura 12. O registro do cobrimento dos pilares na região íntegra variou de 2,0 a 3,0cm.

ISBN: 978-85-65425-32-2

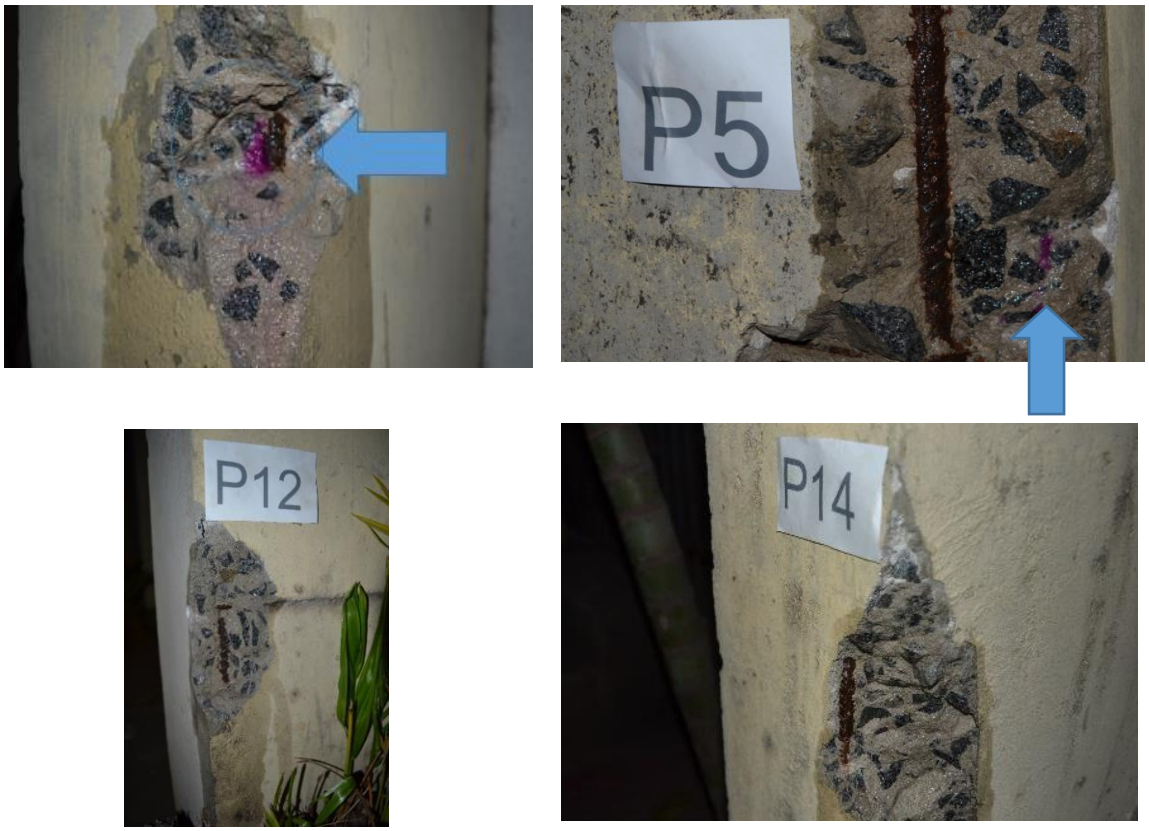


Figura 12 – Aspecto após aspersão de fenolftaleína e medição de profundidade de carbonatação do concreto dos pilares P1, P5, P12 e P14 em região íntegra

5.2 Aspecto visual

O ensaio de aspersão de nitrato de prata foi realizado utilizando as amostras de concreto que foram retiradas durante a execução dos ensaios de profundidade de carbonatação. As amostras foram cuidadosamente separadas, de forma a não prejudicarem os resultados dos ensaios.

O nitrato de prata é facilmente solúvel em água. Após preparada a solução, ele permaneceu em frasco escuro para evitar decomposição pela luz (reação fotoquímica). Desta forma, foi evitado calor, luz e algum tipo de contaminante.

De acordo com Collepardi (1997), o fenômeno da carbonatação é um fator que influencia a eficiência do método colorimétrico de aspersão de nitrato de prata. Diante disto, tendo em vista os resultados obtidos no ensaio de profundidade de carbonatação, na aplicação da solução de nitrato de prata foi também aspergido ácido nítrico junto as amostras, afim de se eliminar a interferência da carbonatação, tendo em vista que a análise através de ácido nítrico em conjunto com a solução de nitrato de prata permite a detecção apenas dos cloretos livres da amostra (MISSAU, 2004). No registro fotográfico, a seguir, são apresentadas a coloração das superfícies extraídas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5.2.1 Análise dos Pilares

Observou-se nos testemunhos extraídos na região deteriorada uma maior incidência de formação do precipitado branco no entorno das manchas avermelhadas por decorrência da corrosão da armadura (Figura 13).

Figura 13 – Aspecto após aspersão de nitrato de prata sobre as amostras de concreto dos pilares P1, P5, P12 e P14 em região deteriorada

Já com os testemunhos extraídos na região íntegra, foi observada pouca ou nenhuma formação do precipitado branco por toda a superfície analisada (Figura 14).

Figura 14 – Aspecto após aspersão de nitrato de prata sobre as amostras de concreto dos pilares P1, P5, P12 e P14 em região íntegra

ISBN: 978-85-65425-32-2

6. Conclusões

Constatou-se a influência significativa da agressividade do ambiente e sua relação na incidência e intensidade do processo de corrosão do aço, e a importância de identificar a região em que a estrutura em estudo se encontra. Esta análise pode explicar a incidência diferenciada das manifestações patológicas em diversas partes de uma mesma estrutura.

Foi visto que a fachada do prédio está posicionada de forma a receber sol em grande parte do dia, o que é prejudicial, pois as reações de corrosão são mais rápidas a temperaturas mais elevadas, isso não apenas quanto ao fato da estrutura estar ou não em regiões mais quentes, mas também pelo fato a temperatura do concreto pode se elevar consideravelmente durante o dia. O vento predominante no local é no sentido nordeste e, de acordo com o posicionamento do edifício, o vento age em direção perpendicular à fachada, transportando, assim, os agentes agressivos para a estrutura que ficam ali depositados.

De acordo com o registro fotográfico da análise visual dos pilares, é possível ver a ação da chuva sobre a fachada do edifício, pois o mesmo apresenta manchas de mofo e lodo sobre a estrutura, mostra a ausência de manutenção. Tendo em vista que para que o processo corrosivo ocorra é necessário a presença simultânea de oxigênio e umidade sobre a superfície do concreto. Desta, entende-se que isto tenha acentuado ainda mais este processo, principalmente nos pilares, e nas lajes em balanço, regiões em que mais se destacou o processo de corrosão e fissuração.

A ausência de manutenção preventiva na área externa foi identificada como uma das causas ao processo de corrosão estar avançado, já que a manutenção visa minimizar os efeitos das manifestações patológicas. Ainda, a corrosão das armaduras está associada também ao uso inadequado de materiais, aliado à falta de cuidados na execução e mesmo adaptações quando do seu uso. Em algumas amostras foi detectada elevada porosidade, tornando o material mais suscetível a ataques químicos.

O resultado do ensaio de profundidade de carbonatação em todas as amostras evidenciou a carbonatação do concreto, assim como nos ensaios por aspersão de nitrato de prata foi visto a presença de cloreto em todas as amostras que foram analisadas, aumentando ainda mais a intensidade da corrosão. Pois quando a carbonatação se produz num concreto que tem cloretos, somam-se ambos efeitos agressivos.

Por fim, foi possível notar que por efeito da ação do CO_2 sobre o concreto, as zonas que já possuíam fissuras apresentaram um resultado mais significativo no ensaio de aspersão de nitrato de prata, o que caracteriza que o efeito da carbonatação facilita a ação dos íons cloretos, uma vez que a barreira mecânica que é oferecida a armadura pelo concreto encontra-se fragilizada. Outro possível motivo, seria o efeito da ação do CO_2 sobre as fases sólidas do cimento, podem fazer com que os cloroaluminatos se desagreguem e deixem livres os cloretos antes mantidos combinados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

7. Referências bibliográficas

ALMEIDA, Fernando. Experiências empresariais em sustentabilidade no Brasil. 1 ed. Elsevier-Campus. São Paulo, 2009.

ANDRADE, M. C. P. Manual para diagnostico de obras deterioradas por corrosão de armaduras. 1.ed. PINI. São Paulo, 1992.

_____. Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão das armaduras: iniciação por cloretos. Tese (Doutorado) -, Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2001.

BAUER, E.; CASTRO, E.K. Estudo da movimentação dos íons cloreto no concreto – influência da corrosão das armaduras. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Civil, 1995.

COLLEPARDI, M. MARCIALIS, A. TURRIZIANI, R. Penetration of chloride ions in cement pastes and in concretes. Journal off American Ceramic Society, 1972.

FIGUEIREDO, E. P. Efeitos da carbonatação e cloretos no concreto. In: ISAIA, G. C. Concreto – Ensino, pesquisa e realizações. São Paulo, 2005.

FRANÇA, C. B. Avaliação de cloretos livres em concreto pelo método de aspersão de solução de nitrato de prata. Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Pernambuco, 2011.

HELENE, P. R. L. Manual Prático para Reparo e Reforço de Estruturas de Concreto. Editora PINI. São Paulo, 1992.

_____. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. 1993. 231 f. Tese (Livre Docência em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

JUCÁ, T. R. P. Avaliação de cloretos livres em concretos e argamassas de cimento Portland pelo método de aspersão de solução de nitrato de prata. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiânia, Goiânia, 2002.

LNEC E391-1993, Betões – Determinação da resistência à carbonatação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

MEHTA, P. K; MONTEIRO P. J. M. Concreto: estrutura, propriedade e materiais. São Paulo: PINI, 1994.

_____. Concreto: microestrutura, propriedades e materiais. 3 ed. São Paulo: IBRACON, 2008.

MEDEIROS, M.H.F., MONTEIRO, E., BARKOKÉBAS JR, B. A Corrosão de Armaduras Sob a Ação de Íons Cloreto em Relação a Capacidade de Proteção de Alguns Tipos de Cimentos Nacionais com Adições Pozolânicas. In: CONGRESO DE CONTROL DE CALIDAD, 7., 1999, Montevideo. Anais... Montevideo, 1999.

MISSAU, Fabiano. Penetração de cloretos de concretos contendo diferentes teores de cinza de casca de arroz. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2004.

NEVILLE, A. M., Propriedades do Concreto, Editora Pini, 2° ed., 1997.

POURBAIX, M. Curso sobre corrosão eletroquímica. Lisboa: Instituto Nacional de Investigação Industrial, 1987.

RASHEEDUZZAFAR, X.; *et al*. Effect of tricalcium aluminate content of cement on corrosion of reinforcing stell in concrete. Cement and Concrete Research, USA: Pergamon, 1990.

RIBEIRO, D. V.; SALES, A.; SOUZA, C. A. C.; ALMEIDA, F. C. R.; CUNHA, M.P.T.; LOURENÇO, M.Z.; HELENE, P. Corrosão em estruturas de concreto armado: Teoria, Controle e Métodos de Análise: ELSEVIER, 2014.

TUUTTI, K. Corrosion of Steel in Concrete. Stokholm: Swedish Cement and Concret Research Institute, 1982.

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

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

ANÁLISE DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM FACHADAS DE EDIFÍCIOS PÚBLICOS NA CIDADE DE ANGICOS-RN

Analysis Of Pathological Manifestations In Public Buildings Facades In The City Of Angicos-RN

Érico V. C. ALVES[1], **Milány** K. S. MEDEIROS[2], **Aerson** M. BARRETO[3]

[1] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Cuíte-PB, Brasil, ev.castroalves_@hotmail.com

[2] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos-RN, Brasil, milanymedeiros@gmail.com

[3] Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Angicos-RN, Brasil, aersonbarreto@ufersa.edu.br

Resumo: O Brasil vive um momento de significativo desaquecimento no âmbito da construção civil e, paralelamente, notório crescimento que pode ser identificado nas demais esferas governamentais. Embora a crise esteja afetando de forma significativa o mercado da construção civil, as iniciativas dos poderes públicos, que formam parcerias entre governo federal, estadual, municipal e iniciativa privada, tem gerado crescente ritmo de obras que, embora resulte em diversos benefícios à população, também requer atenção e traz preocupações quanto à qualidade da execução das obras. É deste fator que depende a durabilidade das edificações e estruturas, assim como a segurança que oferecem aos seus usuários. Portanto, com esta pesquisa objetivou-se investigar a ocorrência de manifestações patológicas em fachadas, através de um estudo realizado em três edificações não residenciais e públicas no município de Angicos-RN. Compreendendo a relevância de tais ocorrências, se realizou visitas e registros fotográficos. A partir dos resultados obtidos, observou-se as principais manifestações patológicas, tais como a eflorescência, deterioração do reboco e descascamento da pintura, encontradas durante a pesquisa, bem como suas possíveis causas e apresentação de soluções para sanar ou mesmo minimizar o problema. Pode-se concluir que há falhas relevantes em torno dos processos construtivos que as concebem, levando-as ao quadro de manifestações apontado pelo estudo, além do emprego inadequado de alguns materiais.

Palavras-chave: Manifestações patológicas. Fachada. Obras públicas.

Abstract: Brazil is experiencing a time of significant slowdown in the construction industry and, in parallel, notorious growth that can be identified in other spheres of government. While the crisis is affecting significantly the construction market, the initiatives of the government, forming partnerships between federal, state, municipal and private government, has generated increasing pace of works which, although results in several benefits to the population, also requires attention and raises concerns about the quality of the works. It is this factor that depends on the durability of buildings and structures, and the security they offer to their users. Therefore, this research aimed to investigate the occurrence of pathological manifestations in facades, through a study carried out in three non-residential buildings and public in the city of Angicos-RN. Understanding the relevance

ISBN: 978-85-65425-32-2

of such events was held visits and photographic records. From the results obtained, there was the main pathological manifestations such as efflorescence, deterioration of plaster and paint peeling, found during the search, as well as their possible causes and presentation of solutions to remedy or minimize the problem. It can be concluded that there are significant gaps around the construction processes that conceive, taking them to the demonstrations framework appointed by the study, as well as the inappropriate use of some materials.

Keywords: Pathological manifestations. Facade. Public works.

1. Introdução

Nos últimos anos o Brasil vinha apresentando significativo crescimento no setor da construção civil. De acordo com o IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - o setor se mantém entre os maiores geradores de emprego e renda nos últimos anos ainda embora o mercado venha passando por uma grave crise. Cerca de 4,5 milhões de brasileiros estão empregados na construção civil. Ainda segundo o IBGE, o setor contribuía em 2003, com o equivalente a 4,3% do PIB – Produto Interno Bruto. Em 2012, esse percentual aumentou para 4,9%, já em 2015 passou a 3,7% (IBGE, 2015).

Como responsável por este crescimento aponta-se o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) 1, lançado pelo governo federal em 2007. Este destinou R$ 216,9 bilhões ao financiamento habitacional para os 3 (três) anos seguintes e a segunda etapa do programa, o PAC II, lançada em março de 2011 que prevê investimentos na ordem de R$ 278,2 bilhões de reais a serem aplicados ao programa Minha Casa, Minha Vida, entre 2011 e 2014 (MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, 2013).

No município de Angicos/RN, os programas supracitados de incentivo ao crescimento relacionado à liberação de crédito, também refletiram de forma positiva neste setor, seguindo uma tendência nacional. Grande desenvolvimento no âmbito da construção civil, principalmente no que diz respeito à construção de unidades habitacionais pôde ser observado nos últimos anos e a construção civil tem sido apontada como grande responsável pelo êxito na geração de emprego e desenvolvimento urbano, principalmente por créditos de financiamento de bancos de capital misto e privados. Desde a aprovação dos programas de aceleração do crescimento em 2007, novos conjuntos habitacionais vêm surgindo no município em ritmo contínuo e bastante acelerado.

Este quadro de desenvolvimento também se reflete em destinação de verbas ou financiamentos para construção de obras não residenciais e públicas que alavancam o comércio com o surgimento de novas empresas e se investe em edificações que possam atender as necessidades básicas da sociedade.

No entanto, esse crescimento que tem se notado tão expressivo e rápido, desperta relevantes preocupações quanto à qualidade da execução das obras e a garantia de sua segurança. Apesar das oportunidades e facilidades oferecidas pelo Estado, é preciso destinar tempo, capital e capacitação de pessoas a fim de atingir um controle de qualidade imprescindível para a obtenção de bons resultados nas edificações.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Em um processo de desenvolvimento com uma crescente demanda, todavia o mercado venha sofrendo com a crise, é possível observar que alguns fatores relevantes não correspondem à mesma intensidade da mesma. Nesse cenário, problemas como falta de mão-de-obra qualificada, obras executadas em intervalos de tempo reduzidos e consequentemente, negligência de determinadas etapas, tanto em fase de projeto, como de execução, configuram problemas enfrentados pelo setor da construção.

Dessa forma, é possível inferir que a má concepção dos projetos e/ou execução das obras, bem como a utilização inadequada das edificações, poderão causar determinados danos à estrutura de uma forma geral. Aos sintomas provenientes de problemas e falhas nos mais diversos elementos que compõem uma edificação, denomina-se manifestações patológicas.

2. Discussão teórica

2.1 Patologia

Diante de um intenso ritmo produtivo na construção civil é possível observar que muitas das novas edificações entregues não satisfazem às condições mínimas de qualidade, durabilidade e desempenho, tornando-se alvos de forte ocorrência de manifestações patológicas. O processo de deterioração das edificações pode ter início após a conclusão e entrega do imóvel, ou até mesmo antes. Essa degradação pode estar associada a fatores como métodos de execução, materiais construtivos empregados e ainda, às características ambientais da região (SANTOS, *et al*., 2014).

No Brasil a construção civil está comumente inserida em um cenário composto por projetos mal detalhados ou incompatíveis, considerando-se a relação deficiente com os projetos complementares, assim como planejamento mal elaborado, insuficiência de especificações técnicas, mão-de-obra pouco qualificada e fiscalização ineficiente, todos fatores associados à imposição de preços e prazos cada vez mais compactos. Dessa forma configura-se finalmente a execução da obra que, por conseguinte, estará ligada a uma série de improvisos e malabarismos a fim de sanar as falhas ocorridas nas etapas anteriores (XAVIER, 2010).

É nesse contexto que o presente trabalho pretende dar a sua parcela de contribuição. O levantamento de casos e incidências compreende uma parcela importante no processo de conhecimento das Patologias das Construções, aprofundando o estudo dos sintomas e causas das manifestações. Permite um correto discernimento dos problemas, dotando os agentes envolvidos de embasamento técnico no sentido de indicarem procedimentos terapêuticos plausíveis e eficientes, o que tende paulatinamente a reduzir a incidência de defeitos ou falhas, promovendo a prevenção e resultando numa melhoria da qualidade das edificações (SEGAT, 2005).

2.2 Umidade: origem e seus danos causados

Lersch (2003) define infiltração como sendo passagem de umidade da parte externa para a parte interna, através de trincas ou da própria capacidade de absorção do material. Esta

ISBN: 978-85-65425-32-2

umidade podendo ser ocasionadas por umidade ascensional, umidade por condensação, umidade de obra e umidade acidental.

Dentro da temática para a engenharia, relacionando com as patologias tem-se umidade como sendo “qualidade ou estado úmido ou ligeiramente molhado”, (KLEIN, 1999).

Conforme Perez (1988), a umidade nas construções representa um dos problemas mais difíceis de serem corrigidos dentro da construção civil. Essa dificuldade está relacionada à complexidade dos fenômenos envolvidos e à falta de estudos e pesquisas. Essa carência ainda é percebida hoje, mais de 30 anos após elaboração do trabalho do autor citado.

Os problemas de umidade quando surgem nas edificações, sempre trazem um grande desconforto e degradam a construção rapidamente, sendo as soluções caras. Conforme citado anteriormente, como fatores que geraram aumento do número e intensidade de patologias, o aparecimento frequente de problemas ocasionados por umidade é decorrente de características construtivas adotadas pela arquitetura moderna assim como os novos materiais e sistemas construtivos empregados nas últimas décadas. Com o uso do concreto armado, as paredes passam a ter como função principal a de vedação, deixam de serem portantes, resultando assim em paredes mais esbeltas. Há também a utilização de pré-fabricados e de novos materiais que trouxeram consigo as juntas. Esse conjunto de materiais de diferentes tipos nas fachadas e coberturas apresenta o problema de desgaste diferencial, pois cada um tem uma durabilidade específica e deste modo o envelope externo fica vulnerável (PEREZ, 1988).

As edificações, em especial seus revestimentos, estão sujeitos a uma grande variedade de ações devidas a fenômenos de origem natural ou própria da utilização da construção (Figura 1). Ações que podem originar a ocorrência de danos e tendem a degradar gradativamente as edificações e/ou seus elementos construtivos. Masuero (2001) destaca, externamente, a ação dos ventos, da chuva, da luz do calor, das emissões gasosas, das vibrações e das variações térmicas e de umidade.

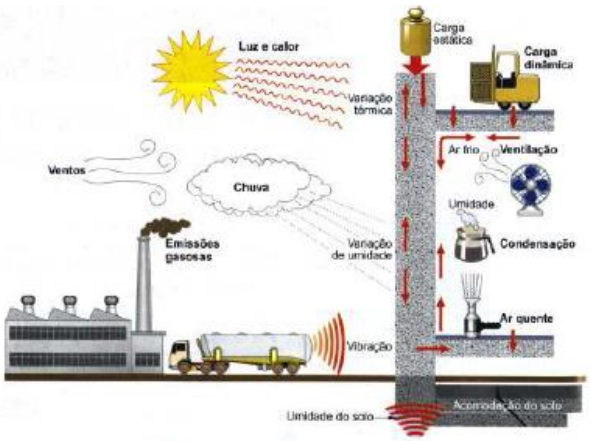


Figura 1 – Solicitações nos revestimentos

Fonte – Bonin, *et al.*, 1999.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Para Segat (2005), não é surpreendente a grande variedade de causas para o surgimento de defeitos nas construções, tendo em vista a quantidade de materiais e técnicas envolvidas em uma construção, a diversidade de condições que caracteriza os espaços construtivos, a multiplicidade de usos das edificações e os erros de projeto ou execução.

Segundo Verçoza (1991), a umidade não é apenas uma causa das patologias, ela age também como um meio necessário para que grande parte das patologias em construções ocorra. Ela é fator essencial para o aparecimento de eflorescências, ferrugens, mofo, bolores, perda de pinturas, de rebocos e até a causa de acidentes estruturais.

Por isso, estas inúmeras causas e manifestações de umidade e a frequência de ocorrência da mesma tornam um estudo à parte sobre ela necessário.

Têm-se as seguintes origens as umidades nas construções, conforme Verçoza (1991):

- Trazidas durante a construção;
- Trazidas por capilaridade;
- Trazidas por chuva;
- Resultantes de vazamentos em redes hidráulicas;
- Condensação.

Verçoza (1991) e Klein (1999) afirmam que a umidade oriunda pela execução da construção é aquela necessária para a obra, mas que desaparece com o tempo (cerca de seis meses). Elas se encontram dentro dos poros dos materiais, como as águas utilizadas para concretos e argamassas, pinturas, etc.

Em se tratando da umidade por capilaridade de acordo com Souza (2008), os autores citados anteriormente, expõem que se trata da umidade que sobe do solo úmido (umidade ascensional). Ela ocorre nos baldrames das edificações, devido às próprias condições do solo úmido, assim como a falta de obstáculos que impeçam a sua progressão. Também ocorre devido aos materiais que apresentam canais capilares, por onde a água passará para atingir o interior das edificações. Têm-se como exemplos destes materiais os blocos cerâmicos, concreto, argamassas, madeiras, etc.

A chuva é o agente mais comum para gerar umidade, tendo como fatores importantes a direção e a velocidade do vento, a intensidade da precipitação, a umidade do ar e fatores da própria construção (impermeabilização, porosidade de elementos de revestimentos, sistemas precários de escoamento de água, dentre outros). Este tipo de umidade pode ocorrer ou não com as chuvas. O simples fato de ocorrer precipitação, não implica em patologias de umidades com esta causa (SOUZA, 2008).

Sobre a origem devido aos vazamentos de redes de água e esgoto, Verçoza (1991), comenta que é de difícil identificação do local e de sua correção. Isso se deve ao fato destes vazamentos estarem na maioria das vezes encobertos pela construção, sendo bastante danosos para o bom desempenho esperado da edificação.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Já a umidade de condensação possui uma forma bastante diferente das outras já mencionadas, pois a água já se encontra no ambiente e se deposita na superfície da estrutura e não mais está infiltrada (SOUZA, 2008).

Não é fácil conhecer a situação atual dos problemas nas construções, tendo em vista que as estatísticas normalmente não refletem a realidade. Muitos dos problemas e caos não são relatados, ficando à margem do conhecimento do meio técnico. Em geral, apenas os acidentes que provocam uma catástrofe são publicados, tendo suas causas determinadas a fim de apurar responsabilidades. Já os defeitos sem risco de ruína imediata muitas vezes não são divulgados, muito embora possam causar danos progressivos que terminarão comprometendo a construção (KLEIN, *et. al*, 1999).

2.3 Problemas causados por umidade em fachadas de edificações

Muitas manifestações patológicas surgem nas regiões de interface entre os elementos construtivos, uma vez que, frequentemente vê-se, por exemplo, que um profissional especialista em projeto de fundações, desconhece ou conhece pouco sobre o comportamento das alvenarias. Paralelamente, a negligência de ações relevantes, a desconsideração dos agentes agressivos e, ainda, a falta ou insuficiência de conhecimento acerca dos processos degenerativos são fatores aos quais pode-se atribuir o surgimento de manifestações patológicas (THOMAS, 1989). A seguir descreve-se os problemas mais recorrentes nas fachadas de edificações.

2.3.1 Eflorescências

As eflorescências consistem em formações salinas que acumulam-se na superfície dos elementos construtivos de uma edificação. A umidade presente nos materiais atua como ponte, viabilizando o transporte dos sais, partindo do interior em direção à superfície das peças, resultando no surgimento de manchas na cor branca, conforme ilustra a Figura 2 (BELÉM, 2011).

Figura 2 – Eflorescência em fachada de edifício

Fonte – Chaves, 2009.

A eflorescência é uma manifestação patológica cujos danos, na maioria das vezes, são de ordem estética, causando desconforto visual ao usuário. Sua formação deve-se a três fatores que desempenham papéis equivalentes em termos de contribuição para o

ISBN: 978-85-65425-32-2

surgimento do problema, sendo eles: a presença de sais solúveis nos materiais construtivos, a existência de água – umidade – e uma diferença de pressão que possibilite o transporte dos sais para a superfície (BELÉM, 2011). Essas condições são indispensáveis para a ocorrência de eflorescência e, portanto, caso uma delas deixe de existir, então o fenômeno não ocorrerá (UEMOTO, 1988 *apud* ANTUNES, 2010).

Paralelamente, Souza (2008) afirma que a eflorescência pode ocorrer em qualquer elemento da edificação e representar danos apenas estéticos ou ser, de fato, agressiva. Na primeira situação, o problema compromete apenas a aparência do elemento e, na segunda, devido à concentração de sais, pode ocasionar degradações mais profundas.

2.3.2 Mofo ou bolor

Bolor ou mofo são termos que referem-se a uma alteração macroscópica na superfície dos materiais ocasionada por fungos que alojam-se e desenvolvem-se nessas áreas. É importante enfatizar que, assim como todos os organismos vivos, os fungos precisam de um ambiente em condições favoráveis para seu desenvolvimento e, a umidade é apontada como característica essencial a este processo (SOUZA, 2008).

Os elementos atacados pelo mofo apresentam manchas de coloração escura (Figura 3) e comumente encontram-se em ambientes úmidos, com iluminação e ventilação insuficientes, o que configura meio propício à proliferação dos microrganismos causadores desse tipo de manifestação (CIRNE, *et al*., 2006).

Figura 3 – Presença de mofo na entrada de um prédio comercial

Fonte – Chaves, 2009.

2.3.3 Desplacamento e descascamento

Resultado de uma aderência deficiente entre as camadas de revestimento cerâmico ou de argamassa, os destacamentos atuam em extensões variáveis, podendo comprometer parcial ou totalmente um elemento construtivo (GEYER e BRANDÃO, 2007).

O processo de destacamento se caracteriza pela perda de aderência entre argamassas ou placas cerâmicas e o substrato. Isso ocorre quando as tensões que atuam sobre o revestimento ultrapassam sua capacidade de aderência (BRANDÃO, 2007). Além disso,

ISBN: 978-85-65425-32-2

existe o destacamento da pintura que também se configura numa manifestação patológica bastante presente, conforme Figura 4.

Figura 4 – Destacamento da pintura

Fonte – Florêncio, *et al*, 2016.

Os principais fatores que estão relacionados aos problemas de destacamentos são as falhas de dosagem como o fator água/cimento e má utilização de aditivos, execução de camadas com espessuras muito pequenas ou muito grandes, falta de uniformidade das argamassas e, ainda, falta de limpeza do substrato (SEGAT, 2005). Quanto ao descascamento da película de tinta, a falta de aderência dela ao substrato provocado pela sujidade, presença de umidade na interface do reboco durante ou após a pintura, película de tinta espessa e irregular são algumas das características que comprometem o revestimento.

O desplacamento dos revestimentos cerâmicos (Figura 5) requer maior atenção, uma vez que envolve altos custos de reparo e expõe os trabalhadores a maiores riscos de acidentes. Essa manifestação patológica ocorre, normalmente, após cinco anos de utilização da edificação e pode ser facilmente identificada por emitir som oco que, posteriormente, culminará no estufamento das placas do revestimento (ROSCOE, 2008).

Figura 5 – Presença de mofo na entrada de um prédio comercial

Fonte – Cichinelli, 2006.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.3.4 Fissuras

Há uma série de problemas patológicos que afetam as edificações, sejam essas de utilização habitacional, comercial ou institucional. Entre eles destacam-se, especialmente, as fissuras, uma vez que estão relacionadas a três aspectos relevantes: alerta sobre um possível comprometimento estrutural, redução do desempenho em serviço da estrutura, o que compromete características como estanqueidade, durabilidade, isolamento acústico, etc. e, ainda, o desconforto psicológico dos usuários devido à fissuração da edificação (THOMAS, 1989).

De maneira geral os componentes de uma edificação estão submetidos a instabilidades que podem promover variação dimensional nos materiais construtivos. Essas variações, que podem configurar dilatação e retração, geram tensões atuantes nos materiais e poderão desencadear o surgimento de fissuras (VALLE, 2008).

Segundo Thomas (1989) as fissuras são desencadeadas por tensões que provém das sobrecargas, movimentações de materiais, elementos construtivos ou da própria edificação como um todo. Portanto, analisa-se os seguintes fenômenos:

- Fissuras devido a movimentações causadas por variações térmicas;
- Fissuras causadas por sobrecargas ou concentração de tensões;
- Fissuras causadas por deformação excessiva das estruturas;
- Fissuras causadas por recalque diferencial das fundações;
- Fissuras causadas por retração de produtos à base de ligantes hidráulicos;
- Fissuras causadas por alterações químicas nos materiais de construção.

Cruz (2003) observa ainda que as fissuras podem ser classificadas quanto à atividade:

- Ativas: quando suas dimensões variam ao longo do tempo.
- Passivas: quando suas dimensões mantem-se inalteradas ao longo do tempo.

2.3.5 Descolamentos

Quando a argamassa é considerada como fraca, ocorre o fenômeno do deslocamento. Isso ocorre porque o aglomerante se encontra em pouquíssima quantidade no revestimento argamassado sendo insuficiente para a realização da ligação dos agregados. Dessa forma, a falta do aglomerante em quantidade suficiente provoca a desagregação em grãos ou esfarinhamento em pó do reboco (BRAGA, 2010).

3. Metodologia

As visitas à edificação e os registros fotográficos para o estabelecimento das possíveis causas das manifestações patológicas, foram realizadas entre os dias 17 e 27 de maio de 2016. Foi utilizado revisão da literatura para poder se embasar e levantar prováveis causas

ISBN: 978-85-65425-32-2

e mecanismos de ocorrências, e posteriormente apresentar soluções para sanar os problemas.

Antes de qualquer procedimento foi requerida a autorização dos responsáveis pelas instituições, se explicitando o que seria realizado e de que forma se iria proceder.

O presente trabalho teve como ênfase a verificação e análise das manifestações patológicas em fachadas, devido ser a parte da edificação que está mais exposta a ação das intempéries, bem como ser seu cartão postal.

A pesquisa foi realizada em 3 edificações localizadas na cidade de Angicos – RN (Figura 6), denominadas de edificação A, B e C. A edificação A trata-se de uma construção recente situada na Rua Vicente Barbosa Nº 1, Bairro Alto da Esperança. Essa edificação foi inaugurada em 18 de maio de 2011 para garantir serviços à população e já passou por uma reforma no ano de 2014 para tentar se corrigir problemas ocasionados por patologias. As edificações B e C se configuram em edificações históricas locais, sendo ambas da década de 1930 e localizadas na Rua Pedro Moura, centro da cidade. Estas últimas edificações também passaram por várias manutenções no decorrer dos anos.

Figura 6 – Localização da área de estudo

Fonte – Google Earth, 2013.

4. Resultados e discussões

Percorrendo o entorno da edificação A, durante a realização da primeira visita pode se constatar algumas manifestações patológicas como: eflorescência bastante aparente, mofo, desplacamento, estufamento de revestimento cerâmico e fissuras em alguns pontos no revestimento cerâmico e no rejuntamento.

O problema de maior incidência é a eflorescência que é muito nítido na fachada posterior da edificação onde na região próxima abaixo da caixa d'água existe a presença de crosta de sais na superfície (Figura 7).

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 7 – Crosta de sais depositados na superfície

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Através de conversas com o Engenheiro responsável, pode se coletar informações como:

- Há um problema de vazamento da caixa d'água que já passou por serviços, mas o problema não foi sanado;
- Foi utilizado na execução uma areia de leito de rio das imediações do Rio Piranhas.

Essa manifestação ocorre devido à ação de três fatores, simultaneamente, conforme Belém (2011). Neste caso é nítida a identificação dos três fatores que são: a umidade proveniente da caixa d'água, presença de sais solúveis no agregado utilizado na fabricação da argamassa da alvenaria e existe uma diferença de pressão entre a parte interior do revestimento e a externa que está possibilitando a deposição de sais na superfície.

A eflorescência gera desconforto aos usuários por influenciar negativamente na aparência da edificação e, à medida que se agravam, podem desencadear processos de degradações mais intensos sobre os elementos construtivos, uma vez que tratam-se de altas concentrações de sais, conforme Figura 8.

Uemoto, 1988 *apud* Antunes, 2010, cita que para sanar este problema é necessário que apenas seja eliminado um dos fatores citados acima. No entanto, para a edificação A, a solução consiste na retirada do revestimento a onde passa a tubulação que está ocasionando a infiltração e logo após esse procedimento deve-se fazer a remoção da camada de sais como já foram feitas diversas vezes anteriormente, contudo, o problema da umidade já existia e o modo de mitigação baseava-se na remoção dos sais pulverulentos através de escovas e em alguns casos aplicava-se uma solução de ácido clorídrico visando ajudar na remoção dos sais.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 8 – Vista da fachada com eflorescência

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Outra patologia também encontrada foi o desplacamento das placas cerâmicas na fachada direita, conforme Figura 9.

Figura 9 – Vista da fachada direita

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Em algumas regiões onde ocorreu o desplacamento tendo em vista que na última reforma feita foram reassentadas as placas cerâmicas, há eflorescência. Foi constatado a existência de grandes áreas de revestimento e não foi realizado o serviço de juntas de dilatação.

Com isso, o problema da eflorescência causando o desplacamento pode ser visualizado através da Figura 10, elas ocorrem principalmente nas épocas de chuva que ocasiona, inicialmente, o estufamento e ao perder a aderência com a base se despreendem.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 10 – Região que apresenta estufamento

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

A solução para minimizar este tipo de falha, já que quando está nos períodos chuvosos se tem problemas com a umidade nessas regiões, desecadeando eflorescências devido o agregado empregado possuir sais solúveis, é fazer a limpeza quando se depositam na superfície ou se optar por fazer toda a retirada da camada de reboco e fazer uma nova com um agregado não reativo.

Outra solução é se fazer juntas de dilatação e desolidarização das estruturas aliviando assim as tensões suportadas pelo revestimento que devido aos movimentos de retração e compressão vem a se desprender da base. A aplicação de um produto que confira impermeabilidade e aderência também é uma medida que pode ser adotada.

Problemas com fissuras também foram observados em alguns pontos tanto nas placas cerâmicas quanto no rejuntamento entre elas, conforme a Figura 11.

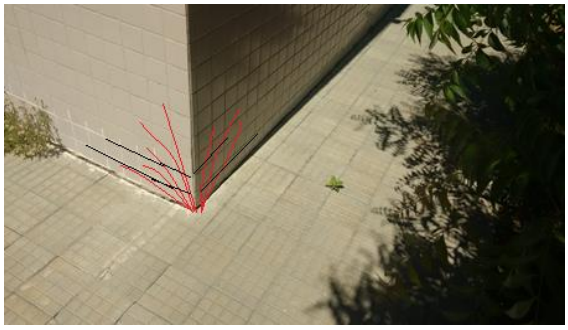


Figura 11 – Fissuração no canto inferior da parede

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Essa manifestação está sendo desencadeada pelo problema de umidade por capilaridade, assim sendo uma fissura ativa. As fundações recalcaram em alguns pontos e abriram espaços entre o piso e a alvenaria, conforme ilustra a Figura 12.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Figura 12 – Abertura entre a alvenaria e ao piso

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Pode se constatar que na região inferior onde o rejuntamento está mais claro, houve o reassentamento das placas e rejuntousse-as novamente.

A solução adotada, para este caso, seria realizar a impermeabilização das fundações que apresentem problemas quanto a umidade por ascensão, objetivando minimizar o processo de sua infiltração pelos vazios presentes nos elementos estruturais de fundação. Além de se fazer a vedação entre o piso e a parede evitando que a água se infiltre e que esta venha a desencadear desplacamentos e estufamentos.

Outra manifestação identificada foi o mofo, encontrada na mesma região que apresentou o problema de infiltração devido vazamento no encanamento da caixa d'água, conforme ilustra a Figura 13.

Figura 13 – Região com mofo

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Todavia, a visualização do mofo não é muito visível na Figura 12 porque após um período de chuva durante o inverno foi efetuada a limpeza da área com água sanitária e água na proporção 1:1, logo em seguida, enxaguou-se a área com água da rede de abastecimento local de forma abundante.

Para solucionar o problema deve se sanar o vazamento da referida tubulação que está causando umidade.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Outro problema na fachada que já foi solucionado foi o reforço de viga devido flexão, ocasionada por reações higroscópicas.

Nas edificações B e C foram encontradas 3 tipos de manifestações patológicas: fissura, descascamento de pintura e deterioração do reboco.

A manifestação de maior incidência encontrada nestas edificações foi o descascamento da pintura (Figura 14 e 15), aparentemente é ocasionada por causa da má aderência entre a película de tinta e o revestimento argamassado, incidência solar que provoca seu ressecamento, além da presença de água advinda das chuvas e da umidade ascendente provinda do solo. Todavia, observou-se que as manutenções feitas no decorrer dos anos foram executadas de maneira inadequada porque quando realizada a pintura não se atentou ao processo de raspagem e limpeza da pintura anterior. Muito embora esta fachada esteja exposta constantemente as intempéries.

Figura 14 – Descascamento de pintura na edificação B

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Figura 15 – Descascamento de pintura na edificação C

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O descascamento de película de tinta também pode ocorrer quando na primeira pintura sobre reboco a primeira demão de tinta não foi bem diluída, neste caso recomenda-se que quando se desejar aplicar a tinta diretamente sobre o reboco, a primeira demão deve ser com tinta bem diluída (FAGUNDES, 2008).

A Fissura da Figura 16 e 17 apresentam outro tipo de doença patológica comum da edificação B. Este tipo de manifestação foi desencadeado, provavelmente, as solicitações oriundas da fundação, pois se tratando de uma obra histórica, sua fundação pode não ter sido dimensionada corretamente, além de que o processo do recalque é constante ao longo dos anos, acarretando em indesejáveis tensões na estrutura que vem a contribuir para o surgimento e/ou a propagação desse tipo de manifestação.

Figura 16 – Fissura na edificação B

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Figura 17 – Fissura na edificação C

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

A deterioração dos rebocos, ilustrada nas Figuras 18 e 19, geralmente são encontradas em edificações longínquas pela qual o processo de fabricação da argamassa não detinha de

ISBN: 978-85-65425-32-2

tecnologia suficiente para combater esse tipo de doença ou ainda podendo ser causada pela eflorescência. Logo, o processo de manutenção com o novo revestimento dotado de tecnologia recente vem a desempenhar sua função de maneira mais eficiente, de forma a solucionar os problemas quando bem projetados e executados.

Figura 18 – Deterioração do reboco na edificação B

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

Figura 19 – Deterioração do reboco na edificação C

Fonte – Acervo dos autores, 2016.

É importante destacar que para cessar o aparecimento dessas e qualquer outra manifestação patológica é imprescindível encontrar sua origem/causa para saná-la de forma correta.

ISBN: 978-85-65425-32-2

5. Conclusões

A preocupação com as manifestações patológicas nas edificações em geral é de suma importância por causa dos gastos futuros com reparos e reformas que poderiam ser evitadas se fossem planejadas e executadas corretamente de forma a atender as normas técnicas vigentes. A verificação das causas que são consequência da escolha errada de materiais, execução deficiente, infiltrações e o descaso, são os principais motivos que ensejam o aparecimento destas anomalias a curto ou a longo prazo.

A eflorescência identificada na edificação A tem como origem o vazamento da instalação predial hidráulica vinda da caixa d'água. A água entra em contato com o agregado através de sua infiltração pelos interstícios da alvenaria, em seguida sofre a diferença de pressão, percolando à superfície trazendo consigo os sais que após a evaporação da água ficam depositados.

Esta umidade provoca também o surgimento do mofo/bolor, estufamento de revestimento, que quando não há manutenção preventiva acarreta no desplacamento, devido as tensões internas terem superado o limite de resistência do revestimento e somadas as tensões da dilatação térmica provocam também as fissuras devido os panos de revestimento serem demasiadamente longos, negligenciando as juntas de dilatação ou desolidarização. As juntas são agentes dissipadores de tensões e são de uso obrigatório para este tipo de edificação.

O descascamento de pintura observado nas edificações B e C foi facilmente identificado por estar presente em quase toda a fachada de ambos os prédios. O diagnóstico torna-se uma preocupação para a população Angicana que vê esses edifícios com um enorme valor histórico e cultural que atravessaram gerações com quase um século de existência e por esse motivo deve-se preservar as características físicas para que suas funções sejam desempenhadas de forma satisfatória para as atuais e futuras gerações.

A deterioração do reboco foi a doença patológica encontrada que apresentou o pior estado dentre as demais encontradas nas edificações B e C. O substrato está diretamente exposto as possíveis intempéries que poderão vir a afetar a estrutura do prédio. Dessa forma, torna-se necessária o imediato reparo com a substituição de todo o revestimento nas áreas comprometidas para que voltem a cumprir suas funções que é proteger o substrato contra intempéries, promover a estética, garantir a estanqueidade, absorver deformações, dentre outras.

Através dos dados analisados e do estudo de caso realizado fica claro que manifestações patológicas em fachadas de edificações são recorrentes na literatura. Desta forma, o trabalho visou mostrar as principais manifestações desencadeadas, levantar as suas causas e propor métodos tanto de correção quanto para sanar os problemas supracitados. Portanto, apesar das edificações terem sido construídas em épocas distintas e os processos e métodos construtivos terem evoluído significativamente, observou-se que algumas patologias são recorrentes, o que se leva a acreditar que mesmo com a evolução da tecnologia aplicadas no dia-a-dia das obras, a mão de obra não acompanhou a evolução, deixando a desejar quanto à execução. No que tange aos materiais utilizados, percebeu-se que alguns deles não fora empregado de forma correta, como por exemplo, o uso de areia de leito de rio que veio a provocar a eflorescência. Então, este trabalho contribuiu

ISBN: 978-85-65425-32-2

para mostrar que ainda existe uma discrepância gigantesca entre técnica de qualidade e o processo executivo atual.

Referências Bibliográficas

Antunes, G.R. (2010), *Estudo de Manifestações Patológicas em Revestimento de Fachada em Brasília – Sistematização da Incidência de Casos.* 178 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Estruturas e Construção Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/df.

Belém, J.M.F. (2011). *Umidade nas Edificações: Causas, Consequências e Medidas Preventivas.* 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Curso de Tecnologia da Construção Civil – Habilitação em Edifícios, Departamento de Construção Civil, Universidade Regional do Cariri – Urca, Juazeiro do Norte/CE.

Bonin, L. C., Carasek, H., Cincotto, M. A.; Souza, U.E.L. *Massa crítica pela qualidade*. Téchne – Revista de Tecnologia da Construção, São Paulo, ano 8, n. 4, p. 68-72, jul./ago. 1999.

Braga, C. C. (2010). *Manifestações patológicas em conjuntos habitacionais: a degradação das fachadas.* 158 f. Dissertação (Mestrado) Universidade Católica de Pernambuco, Recife/PE.

Brandão, R.M.L. (2007). *Levantamento das manifestações patológicas nas edificações, com até cinco anos de idade, executadas no estado de Goiás.* 221f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Brasil. *Ministério do Planejamento*. PAC 2. Sexto balanço 2011 – 2014. Ano II. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/pub/up/pac6/PAC_6_completo.pdf>. Acesso em: 22 mai 2016.

Chaves, A. M. V. A. (2009). *Patologia e Reabilitação de Revestimentos de Fachadas.* 176f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Portugal.

CichinelliI, G. *Patologias cerâmicas.* Téchne – Revista de Tecnologia da Construção, São Paulo, ed 116. NOV/2006. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/116/artigo287385-3.aspx> Acessado em: 23 mai 2016.

Cirne, L.S.R.; Oliveira, F.L.; Dumêt, T.B. (2006). *Levantamento das Principais Patologias de Revestimentos de Fachada de Edifícios na Cidade de Salvador.* 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Construção e Estruturas, Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Cruz, J.H.P. (2003). *Manifestações Patológicas de Impermeabilizações com uso de Sistema não Aderido de Mantas Asfálticas: Avaliação de Análise com Auxílio de Sistema Multimídia.* 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS.

Fagundes Neto, J.C.P. (2008) - *Perícias de fachadas em edificações.* Liv. e Ed. Universitária de Direito, São Paulo , 215 p.

Florêncio, F. D. C., Silva, R. R. C., Medeiros, M. K. S., Queiroz Neto, M. L. (2016*). Plano de manutenção do sistema de fachada da igreja matriz de Angicos-RN.* Anais do Congresso Brasileiro de Patologia das Construções - CBPAT 2016, Belém-PA, 11 p.

Geter, A.L.B., Brandão, R.M.L. (2007). *Patologias nas edificações, com até cinco anos de idade, executadas no Estado de Goiás.* 1. ed. Goiânia, 122 p.

IBGE, *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* -. Angicos/RN. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=240020#>. Acesso em: 24 mar. 2016.

Klein, D.L., Campagnolo, J.L.; Filho L.C.P.S. (1999). *Curso de patologia das construções.* Porto Alegre: Ibape.

Lersch, I.M. (2003). *Contribuição Para a Identificação dos Principais Fatores de degradação em edificações do patrimônio cultural de Porto Alegre.* Porto Alegre. 180 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Masuero, A.B. (2001). *Patologia das edificações*: turma 2001. Porto Alegre: Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Perez, A.R. (1988). *Umidade nas edificações: recomendações para prevenção da água pelas fachadas.* In Tecnologia das edificações. São Paulo: PINI.

Roscoe, M.T. (2008). *Patologia em revestimento cerâmico de fachadas.* 81 f. Monografia (Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Santos, W.J., *Prescrições Para Construções De Edificações Residenciais Multifamiliares Com Base Nas Patologias Identificadas Na Cidade De Viçosa-MG.* Revista de Engenharia e Tecnologia, Belo Horizonte, v. 6, n. 2, p.1-20, ago. 2014.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Segat, G.T. (2005*). Manifestações patológicas observadas em revestimentos de argamassa: estudo de caso em conjunto habitacional popular na cidade de Caxias do Sul.* 166f. Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Souza, M.F. (2008). *Patologias Ocasionadas pela Umidade nas Edificações.* 54 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Thomaz, E. (1989). *Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação.* São Paulo: Pini.

Valle, J.B.S. (2008). *Patologia das alvenarias: Causa/Diagnóstico/Previsibilidade.* 72f. Monografia (Especialização em tecnologia da construção civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

Verçosa, E.J. (1991). *Patologia das edificações*. Porto Alegre: Sagra.

Xavier, J.P.M. (2010). *Influência de projetos e detalhes arquitetônicos em patologias de estruturas: Estudo de caso.* 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília/df.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

PRINCIPAIS PATOLOGIAS DAS CONSTRUÇÕES MULTIFAMILIARES: CAUSAS, CONSEQUÊNCIAS E CORREÇÕES

Main Paths Of Multifamily Constructions: Causes, Consequences And Corrections

Otoniel MOREIRA [1]

[1] Universidade Regional do Cariri, Crato, Brasil, email: otonielml@hotmail.com

Resumo: O setor da construção civil vem crescendo exponencialmente nos últimos anos. Exigindo assim das empresas mais qualidade acerca das edificações ofertadas aos seus consumidores. As construções multifamiliares, tem movimentado o setor, dada a diversidade no padrão dos consumidores e algumas facilidades de se investir em bens imobiliários. O tema é recente, mas devido a importância que o setor tem para economia e para a sociedade, estudar, analisar e debater sobre as patologias é essencial para se compreender melhor as incidências delas e seus efeitos, na empresa, nos funcionários e nos usuários. Desse modo, com base na pesquisa bibliográfica realizada, procura-se ressaltar a origem, as causas, as consequências e as possíveis ações corretivas a serem tomadas no sentido de reduzir a incidência das patologias. Onde procura-se discutir todos os aspectos envolvendo as patologias no processo construtivos. Levanta-se questões importantes como a necessidade de qualificação dos profissionais envolvidos no processo e a qualidade dos materiais, observa-se que a concepção do projeto é a fase mais importante de todo o processo, pois envolve a durabilidade, a vida útil e qualidade das construções. E essa fase requer atenção, assim como um profissional capacitado para tal função, qualquer falha no projeto acarreta prejuízos em todas as etapas da construção, causando a insatisfação do usuário na pós-entrega. Vale ressaltar que o surgimento das patologias é inevitável, cabendo à empresa prover medidas preventivas, a fim de reduzir gastos na tomada de ações corretivas.

Palavras-Chaves: Construções. Multifamiliares. Patologia. Ações. Corretivas.

Abstract: The construction industry has been growing exponentially in recent years. Thus demanding from the companies more quality about the buildings offered to their consumers. The multifamily buildings have moved the industry, given the diversity of consumers and some facilities to invest in real estate. The theme is recent, but due to the importance that the sector has for economics and for society, studying, analyzing and discussing pathologies is essential to better understand their effects and their effects on the company, employees and users. Thus, based on the bibliographical research carried out, it seeks to highlight the origin, causes, consequences and possible corrective actions to be taken in order to reduce the incidence of pathologies. Where it has tried to discuss all the aspects involving the pathologies in the constructive process. Important issues such as the need for qualification

ISBN: 978-85-65425-32-2

of the professionals involved in the process and the quality of the materials, it is observed that the design of the project is the most important phase of the whole process, as it involves the durability, the useful life and quality of the Buildings. This phase requires attention, as well as a professional qualified for such a function, any failure in the project entails damages in all stages of the construction, causing the user's dissatisfaction in the post-delivery. It is worth emphasizing that the appearance of pathologies is inevitable, and it is up to the company to provide preventive measures in order to reduce costs in taking corrective actions.

Keywords: Constructions. Multifamily. Pathology. Actions. Corrective.

1. Introdução

Na última década foi possível verificar o aumento de reclamações relacionadas às construções multifamiliares. Devido a isso o setor da construção civil, passou a padronizar todos os aspectos referentes ao seu processo, que visa promover a qualidade das obras. Diante do um novo perfil de consumidor, consciente de seus direitos, a exigência pela qualidade sobre os serviços e produtos se tornou um fator essencial para que as pessoas optem por uma empresa, em detrimento a outra que não possa atender as suas necessidades.

O primeiro pensamento que se tem sobre construção é na sua fase antes da entrega. Mas é na pós-construção que começam a aparecer os problemas, chamados de patologias. Por lei é garantido ao consumidor, que o surgimento de qualquer patologia que comprometa a qualidade estrutural do empreendimento é de responsabilidade da empresa, tomar as medidas para que o mal funcionamento do bem seja corrigido.

Para Oliveira (2013), patologia pode ser entendida como um ramo da engenharia que estuda as origens, causas, sintomas e mecanismos das falhas da construção civil, no sentido de diagnosticar todos os aspectos dos problemas e estabelecer assim em consideração a vida útil, o desempenho e a durabilidade da construção.

Em relação a vida útil, se leva em consideração as condições ambientais que possam manter a funcionalidade, aparência e segurança da estrutura de concreto. Já o desempenho está ligado ao comportamento de cada material utilizado. Que influencia diretamente na vida útil, pois é determinante em todas as fases da construção. A durabilidade é a capacidade da estrutura de concreto em conseguir manter suas características originais, assim como a usabilidade, utilidade e resistência pelo tempo previsto em projeto.

As medidas a serem tomadas são complexas, pois devem ser preventivas, corretivas e de manutenção, requerendo dessa forma que a empresa tenha à sua disposição funcionários qualificados, materiais de qualidade e inclua no projeto um tempo mínimo para a efetuar as correções.

De acordo com o estudo de Silva e Jonov (2016), as patologias tem sua origem ainda nas primeiras etapas da construção, ou seja, no projeto e no planejamento. Isso afeta diretamente a durabilidade e a qualidade das construções. Atualmente mesmo com os diversos avanços tecnológicos, as problemas relacionados às patologias só aumentaram.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Desse modo, as empresas do setor de construção civil aumentaram os custos pós-venda, depois que as construções são ocupadas. A fim de que esses gastos pós-ocupação não reduzam a rentabilidade da empresa. Elas passaram a investir no treinamento de seus colaboradores, programas de qualidade e a disponibilizar manuais aos proprietários no sentido de informar sobre as especificações dos imóveis. Investir na qualidade das construções, traz a empresa vantagens competitivas que a colocará a frente das suas concorrentes.

Vale salientar que há investimento em programas de análises dos riscos promovidos pelas patologias nas construções. Porém o investimento não terá o efeito desejado, se a empresa não for capaz de orientar seus funcionários a como efetuar a correção das patologias. Principalmente se a maneira de administrar for embasada em conceitos ineficientes e antigos. Faz-se necessário que seja feito um planejamento eficiente e direto, projetos detalhados, e uma equipe qualificada a exercer suas funções.

Neste estudo será trazida as principais patologias das construções multifamiliares, onde conceituaremos a sua origem, as causas, as consequências e as ações corretivas a serem tomadas para resolução do problema.

2. Origem das Patologias no Processo de Construção

O processo de construção pode ser dividido em três etapas: concepção, execução e utilização. Onde as patologias ocorrem devido ao aparecimento das falhas envolvendo todas essas etapas. Por isso é necessário que se obtenha qualidade no serviço realizado, pois isso altera o resultado final da obra. O que determina a satisfação do usuário/consumidor e é também uma maneira de controlar as manifestações e incidências das patologias pós-entrega. Segundo Lima (2015), além das três etapas citadas acima, ele acrescenta: fabricação de materiais e componentes e a sua aquisição, o uso, manutenção e operação desses materiais. Relacionando a compatibilidade dessas etapas no processo de construção, como uma forma de controlar as incidências das patologias.

Para Oliveira (2013), as falhas de concepção determinantes no planejamento, afetam na posterior execução do projeto. As deficiências surgidas no planejamento se referem a: falta de dados e informações técnicas e econômicas, ausência de critérios de controles que indicam a produtividade e a qualidade da produção, aumentando assim as perdas e baixa qualidade do serviço.

Desse modo, é no planejamento que devem ser desenvolvidos alternativas de construção, levando em consideração os tipos de edificações, os materiais a serem usados, assim como os aspectos sócios econômicos da população que será atendida. Outro aspecto relevante é o levantamentos da matéria prima e mão de obra local. Desse modo é possível estabelecer diretrizes preventivas de manutenção da construção em todas as etapas.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3. Patologias

Para Silva e Jonov (2016), as patologias são um tema recente, pois passou a ser identificado e estudado nas década de 1960. Sendo uma ramificação da engenharia que pretende estudar as origens, causas e consequências desses vícios nas construções. Porém as patologias não podem ser consideradas apenas como um proposital e acidental não atendimento das especificações previstas no projeto. É necessário que aconteça ações terapêuticas no sentido de tratar e corrigir as patologias.

Para que as correções sejam eficazes e funcionem efetivamente, é preciso que sejam feitos um diagnóstico detalhados dos problemas, levando em consideração os seguintes aspectos: sintomas, os mecanismos, as origens, as causas e as consequências das patologias que ocorrem nas construções. Esses aspectos estão respectivamente ligados as: Lesões, defeitos e vícios construtivos.

Segundo Oliveira (2013), as patologias ocorrem inicialmente na execução e se manifestam na fase de produção. O autor também destaca devido as manifestações externas das patologias serem raras, é preciso que sejam feitas vistorias frequentes nas construções, podendo assim identificar as suas origens, fazendo como que as consequências delas, não afetem a qualidade da edificação. Assim quanto mais rápido as patologias forem identificadas, menos gastos serão disponibilizados para as devidas correções, sendo assim mais duradouras e eficazes.

Para Silva e Jonov (2016), isso ocorre devido ao setor da construção civil ser mais agressivo e competitivo do que nas décadas passadas, assim como o aperfeiçoamento de técnicas é feito no sentido de obter mais lucros e otimizar o tempo de execução e entrega da obra. Afetando diretamente a qualidade das edificações.

Quanto ao projeto, ele é considerado o maior responsável pela incidência das patologias. Isso está diretamente ligado a formação e qualificação do projetista. Pois é nessa etapa do processo que as decisões referentes aos custos, os materiais, o tempo para execução e qualidade da edificação são determinados. Assim é imprescindível que o projetista tenha conhecimento técnico necessário para poder especificar todos os materiais e componentes a serem usados na obra, dando atenção a qualidade e durabilidade dos mesmos. Determinando assim se eles irão atender o desempenho mínimo.

Quando isso não é realizado com precisão e estudo detalhado, isso aumenta a possibilidade do aparecimento das patologias, o que aumenta os gastos de manutenção e posterior reparo dos problemas patológicos, reduzindo assim consideravelmente a vida útil, qualidade e durabilidade da construção. Vale destacar que o projeto está voltado para a segunda etapa, que é a execução. Onde são feitas recomendações sobre os procedimentos, especificações sobre meios físicos, estratégicos e tecnológicos a serem adotados na execução do projeto.

Na fase da execução, supondo que as etapas anteriores ocorreram de forma adequada, se inicia a construção em si. Caso ocorram falhas no planejamento, no projeto, e na aquisição dos materiais, isso acarreta em falhas e patologias que comumente são identificadas após a entrega das construções multifamiliares. Deve acontecer nessa fase, uma manutenção preventiva, que tenha como objetivo cumprir as especificações que contam no projeto,

ISBN: 978-85-65425-32-2

assim como realizar o controle da qualidade da mão-de-obra contratada. A manutenção preventiva mesmo sendo bem executada, não reduz o aparecimento das patologias, pois isso depende diretamente da qualidade do planejamento, do projeto e da execução no momento da construção.

3.1 Causas e Patologias Mais comuns

Segundo Oliveira (2013), a incidência das patologias pode ser também associada às condições de trabalho inadequadas, a falta de qualificação da mão-de-obra, ausência de controle da execução da obra, a baixa qualidade dos materiais utilizados e a irresponsabilidade técnica dos responsáveis pela execução. Alguns dos problemas patológicos estão relacionados a falta de comando, uma fiscalização deficiente, ligada diretamente a baixa capacitação do engenheiro, mestres de obras e a mão de obra em si. Levando a falhas graves de fôrmas, escoramento, quantidade e posição de armaduras.

De acordo com Silva e Jonov (2016), os principais agentes causadores para as incidências dos problemas relacionados às patologias são as: condições atmosféricas, biológica, físicas e químicas, variações de umidade e térmicas no concreto, incompatibilidade e baixa qualidade de materiais e as cargas. Para os autores, isso leva ao surgimentos de fissuras e trincas. Ainda segundo os autores acima citados, as fissuras e trincas ocorrem devido a: movimentações térmicas e higroscópicas, pela atuação de sobrecargas, excesso de deformações da estrutura, recalque de fundação, retração dos produtos a base de cimento, assim como alterações químicas dos materiais, hidratação retardada de cales, ataques por sulfatos, corrosão de armaduras e umidade.

Já Lima (2015), destaca como as principais patologias encontradas em construções multifamiliares, podem ser agrupadas em sete grupos: Instalações hidrossanitárias; Alvenaria; Impermeabilização; Esquadrarias; Cerâmicas; Instalações elétricas e Gesso.

3.1.1 - As Patologias nas instalações Hidráulicas

De acordo com Borges (2008), o mal desempenho dos sistema hidráulico afeta o desempenho global da edificação. As patologias nas instalações hidrossanitárias, comprometem o abastecimento da água seja ela quente ou fria, assim como as tubulações de gás e esgoto. Se mal instaladas a capacidade de exercer essas funções, faz com que surjam deformações na estruturas dos apartamentos e de todo o edifício.

Para Lima (2015) os sistemas hidráulicos possuem uma complexidade funcional, dada a sua interligação com os demais sistemas e subsistemas por causa da extensa variedade de componentes e materiais tais como: conexões, tubos, acessórios, válvulas, registros, bombas, reservatórios, dispositivos de medição e controle etc. Essa diversidade pode gerar uma gama de problemas patológicos, as principais consequências são: falhas nos equipamentos de flutuações de vazão, pressão e temperatura. Isso ocorre devido a falhas na fase da concepção do projeto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

3.1.2 - As Patologias em Alvenaria

A função das paredes de alvenaria é a de vedar os ambientes, podendo desse modo os configurar e compartimentar. É necessário que se crie condições de controle sobre os efeitos que agentes externos podem causar. As patologias comumente encontradas são: desnivelamentos e fissuras nas superfícies. Isso ocorre também devido a incompatibilidade existente entre as especificações do projeto, as fundações e a estrutura da edificação na fase de execução. As fissuras comprometem o isolamento térmico, estanqueidade da água, a durabilidade.

Brandão (2007) destaca que os principais aspectos que levam a formação das fissuras são: deformabilidade excessiva das estruturas, movimentações provocadas por variações térmicas e de umidade, recalques diferenciados das fundações, retração de produtos à base de ligantes hidráulicos, alterações químicas de materiais de construção e a atuação de sobrecargas ou concentração de tensões.

Para Lima (2015) as fissuras são causadas por: movimentação térmica da laje, nas paredes e no concreto armado sendo estas horizontais, verticais, inclinadas e transversais. O autor também destaca as fissuras causadas por: recalque de fundações, que leva a trincas. Pois estão diretamente ligados às condições do solo e ao plano de fundação especificado no projeto. As construções de alvenaria não absorvem deformações oferecendo pouca resistência às cargas impostas a ela. Segundo Magalhães (2004) as fissuras causadas por recalque de fundação, afetam a simetria da edificação.

Duarte (1998) afirma que a combinação entre as fissuras verticais do solo, que causam a ruptura das fundações por recalque, promovem uma distorção angular, que associadas as fissuras térmicas, acabam enfraquecendo a estrutura de fundação da construção.

Para Thomaz (1989) as paredes de alvenaria sofrem deformabilidade também nas vigas e na estruturas de concreto armado, onde as fissuras causam até aberturas nas paredes, assim como provocam o levantamento das bordas das lajes. Há também as fissuras provocadas por retração, expansão, sobrecarga e reações químicas, que respectivamente provocam fissuras devido a retração dos materiais (cimento, argamassa, concreto, vigas), a expansão dos mesmos, por causa da absorção da umidade, os deixando porosos. Provocam também a tração sobre os tijolos devido à sobrecarga excessiva, na qual a qualidade desses materiais e a sua resistência é tão fraca que causa rupturas nas paredes. E por causa das reações químicas, pode ocorrer a expansão da junta de argamassa, provoca geralmente no topo da parede indesejáveis alterações químicas nesses materiais.

3.1.3 - As Patologias em Esquadrarias

Para Moch (2009), esse tipo de patologia acontece devido ao excesso de umidade próximo às janelas, acarretando em infiltrações nas interfaces do peitoril das janelas de alvenaria e verga. Já Yazigi (2003 *In* Souza 2008) acrescenta que essa infiltração é causada pela vedação inadequada entre o vão da janela e a esquadria.

De acordo com Lima (2015), isso ocorre devido à falta de estanqueidade do ar e da água, distribuição disforme das cargas diminuindo assim a sua resistência, o que altera o

ISBN: 978-85-65425-32-2

comportamento acústico. As infiltrações no peitoril ocorrem comumente devido a existência de umidade na contraverga, o que causa manchas, degradação da pintura levando assim a formações de bolor. A vedação deficiente leva também a infiltrações nas extremidades no peitoril. Isso está ligado a modulação e declividade insuficiente, deixando a parede vulnerável.

3.1.4 - As Patologias nos Sistemas de Impermeabilização

Sendo a impermeabilização de acordo com a NBR 9875 da ABNT (2010) um conjunto de técnicas de construção, que tem como objetivo proteger as edificações contra as ações da umidade, vapores e fluídos. É essencial que exista no projeto as informações e especificações necessárias para que o sistema de impermeabilização seja implementado corretamente.

As patologias mais frequentes se referem a exposição ao sol e as cargas, que devido a umidade excessiva causa uma pressão hidrostática, faz com que ocorra vazamentos em especial nos encontros com as juntas, ralos, chumbamentos, passagem de dutos e mudanças de planos.

Para Righi (2009 *Apud* Lima, 2015), as patologias ocorridas nos ralos, estão relacionado a má execução dos arremates e a sua fixação. Quando isso ocorre, o piso pode se abrir e rebaixar o local, causando um desnivelamento da superfície. Podem acontecer patologias semelhantes nos rodapés e na pingadeira. Por isso é imprescindível que seja feito um isolamento térmico e de proteção mecânica de qualidade.

Moraes (2002), destaca que as patologias podem acontecer devido a inexistência de especificações adequadas dos materiais no projeto de construção, ausência de um estudo sobre o dimensionamento e previsão de coletos para que a água possa escoar de forma correta. O autor ainda destaca que as patologias estão também associadas à execução, devido à impermeabilização defeituosa, juntas travadas por pedras e tábuas, o não arredondamento de arestas e cantos, arremates ineficientes, desagregação da argamassa e tijolos, assim como as eflorescências e gotejamentos.

3.1.5 - As Patologias em Instalações Elétricas

A NBR 5410 da ABNT (2004), determina que as instalações elétricas passem por ensaios frequentes durante a execução da obra. As patologias ocorrem devido a ausência de identificação de circuitos nas caixas de distribuição e alimentação, assim como instalação incorreta de interruptores e tomadas. Fazendo com que apareçam reentrâncias e saliências nos tetos e nas paredes, causando aberturas e rasgos que podem trazer riscos de choques e pequenos incêndios ao serem usados.

Para Lima (2015), o choque é um problema grave, e as causas para essa patologia ocorrem devido a existência de quadro de distribuição e alimentação sem barreiras, fios deteriorados, emendas mal isoladas, base de lâmpadas sem diferenciação nas cores dos fios, falha ou inexistência de aterramento, falta de isolamento elétrico dos equipamentos

ISBN: 978-85-65425-32-2

em aparelhos elétricos, infiltração de umidade nas caixas de passagem de piso e nos postes metálicos.

3.1.6 - As Patologias em Revestimento de Gesso

As patologias mais comuns em construções multifamiliares, referentes aos revestimentos de gesso são as mais comuns. De acordo com John (2000), os problemas patológicos quase sempre são fissuras e trincas, causadas devido a movimentação entre a alvenaria e o forro, entre o forro e a estrutura de concreto, alterando a acomodação da estrutura em si.

Para Lima (2015), o uso inadequado dos pré-moldados de gesso impede a movimentação livre do gesso, fazendo com que as trincas apareçam nos forros. O autor destaca também que quando as juntas de movimentação sofrem dessolidarização isso causa danos nas paredes ou nas divisórias que compõe o forro. Outra patologia comum é o aparecimento de manchas amareladas depois que são feitas a aplicação de pintura.

Segundo Siqueira Filho (2010), as causas para as manchas amareladas não tem comprovação cientifica, mas na prática podem estar relacionadas a escolha de tinta de má qualidade, falta de cuidado e não cumprimento dos procedimentos de aplicação das tintas, o que acarreta na ineficiência da área pintada. Isso acontece devido à falta de qualificação dos responsáveis pela função, pela obra e pelo projeto.

3.1.7 - As Patologias em Revestimento de Cerâmica

Os problemas patológicos nos revestimentos cerâmicos tem sua origem na primeira fase, ou seja, no projeto. Pois é nessa fase que devem e são escolhidos os materiais. Quando a patologia aparece, isso significa que a escolha foi feita de maneira inadequada. Assim na etapa de execução, tendo uma equipe não capacitada para desempenhar a instalação, ocorre o destacamento das placas, falhas nos assentamentos de peça e eflorescências e a deterioração das juntas.

De acordo com a NBR 13754 da ABNT (1996), se recomenda que para que antes de se fazer o rejuntamento para o assentamento das placas, sejam necessários aguardar 72 horas. Quando esse procedimento não é seguido, surgem por causa da retração de secagem tensões sobre a argamassa. Fazendo como que posteriormente ocorra a deterioração das juntas. Reforçando a necessidade do responsável pela obra façam a escolha correta do material e dos profissionais que irão executar a função.

Sobre a segunda patologia mais comum em revestimentos de cerâmica, Campante e Baia (2003), demonstram em seu estudo que ela ocorre por causa do estufamento da camada de acabamento. Acontecendo geralmente no primeiro e no último andar, por causa da existência maior das tensões e pressões estarem presentes nesses locais.

Para Lima (2015), as patologias acontecem por causa das variações térmicas, uso de argamassa fora da validade e o assentamento das peças em uma superfície contaminada. A terceira patologia mais comum, diz respeito ao assentamento das peças. Que levam arestas e posterior ruptura do piso. A quarta patologia está relacionada as eflorescências,

ISBN: 978-85-65425-32-2

que causam manchas devido a má qualidade da argamassa e assentamento inadequado, apresentando incrustações e pulverulentos que alteram a cor do revestimento.

4. Ações Corretivas para as Patologias

Para que ações corretivas sejam implementadas é necessário que seja traçado um estudo detalhado que abordem todos os aspectos envolvendo os problemas patológicos nas construções multifamiliares. Esse estudo deve ser especificado já na concepção do projeto, onde serão determinados as medidas preventivas, a fim de evitar e/ou reduzir a incidência das patologias.

Segundo Lima (2015), caso as medidas preventivas não resolvam os problemas patológicos já na execução da obra. O profissional responsável precisa realizar vistorias constantes em todos os sistemas e subsistemas, buscando solucionar as patologias de forma rápida e eficaz, mas nada disso é possível se a mão-de-obra não for qualificada. A atenção na contratação da equipe, assim como na aquisição de materiais de qualidade é essencial para o desempenho dos profissionais e a qualidade da construção.

Já Silva e Jonov (2016), afirma que a manutenção preventiva deve ser feita no período de utilização e da estrutura, e assim evitaria um acréscimos de 25% a mais sobre o projeto e a execução. Os autores ainda destacam que na manutenção corretiva, após a realização dos prognósticos e diagnósticos, é necessário traçar estratégias de reparo e proteção de todas as estruturas que apresentam patologias, porém isso acarreta sempre em um gasto maior do que pode ser previsto.

Para Oliveira (2013) que é preciso escolher o material a ser usado na recuperação, levando em consideração o tempo para a colocação de todos os elementos estruturais de carga. A fim de promover maior durabilidade. O processo de reparação das patologias seguem dois caminhos, onde a construção pode ser reabilitada ou reforçada. O primeiro diz respeito a recomposição das condições nas quais as construções foram especificadas no projeto. O segundo tem o objetivo de dar suporte em relação a estrutura, nesse últimos caso as patologias normalmente são mínimas, mas não deixam de afetar a construção.

As ações corretivas são: levantamento do histórico do edifício, levantamento de subsídios, vistoria do local, exames complementares (laboratoriais e estruturais), podendo assim diagnosticar a situação e definir a conduta e ser tomada, traçando assim alternativas de intervenção para a correção das patologias.

Recomenda-se que sejam realizadas inspeções e ensaios periódicos e detalhados a respeito dos equipamentos, materiais, sistema e subsistemas. Assim que for iniciada a construção. A fim de reduzir a ocorrências dos problemas patológicos mais comuns em construções multifamiliares.

As principais ações corretivas são: o cumprimento dos procedimentos relacionados a impermeabilização e regulação dos caimentos das instalações hidrossanitárias onde, devem ser feitas as colagens das soleiras com epóxi, evitando o escoamento da águas para a área interna. No que se refere a ausência de caimentos dos ralos, se deve realizar a extensão da manta a fim de cobrir e vedar toda a área. Para evitar que as tubulações

ISBN: 978-85-65425-32-2

sofram furos, os responsáveis pelos reparos precisam estabelecer um espaçamento adequado entre elas. Instalar eletrodutos que saem lateralmente, evitam que eles sejam expostos e acabem saindo pelas passagens laterais das caixas. A fixação dos rodapés com cola, faz com que eles não furem as colunas de esgoto. A fim de evitar vazamentos é preciso que se use vedantes próprios para cada material. Não usar vedantes de madeira ou plástico em colações que exigem um vedante de metal.

Para poder corrigir o empenamento, infiltração e deterioração das paredes, as pingadeiras dos peitoris, se deve exigir da marmoraria contratada que ela confeccione pingadeiras de concreto, com material de qualidade. É preciso que os testes de estanqueidade sejam feitos constantemente, pois desse modo pode se evitar vazamentos nas tubulações. Vale ressaltar que as trincas que surgem em especial em alvenaria, tem a ver com a dilatação das juntas e as patologias, isso só ocorre se a manutenção preventiva, não for feita de forma adequada.

No que se refere ao amarelamento de tetos, deve-se usar seladores a ase de solvente e os responsáveis pela execução da função precisam seguir as especificações para a pintura, outro fator importante é que o engenheiro e o mestre de obras precisam fiscalizar a aplicação das tintas e garantir que não haja nenhum desvio das especificações. Realizar o rejuntamento com silicone evita a infiltração pelas laterais das esquadrias de alumínio. Sobre a fixação placas de gesso corroídas, deve-se fazer testes ainda na etapa de aquisição do material é essencial, caso isso só seja feitos depois do aparecimento da patologia, ainda é de responsabilidade do fornecedor em realizar esses testes, cabendo a eles a substituição do material com defeito.

A falta de fiscalização e vistoria é o que mais leva ao aparecimento de manifestações patológicas pós-entrega, causando assim a insatisfação dos usuários. E como salientado a sua principal origem está na concepção do projeto e na ausência de planejamento. Que leva ao surgimento das patologias, elevando os gastos para a reparação delas. Comprometendo assim a qualidade, durabilidade e vida útil das construções multifamiliares. Portanto é preciso que as empresas invistam em treinamentos, buscando a qualificação e capacitação dos seus funcionários.

5. Conclusões

Construções multifamiliares assim como os diversos produtos e serviços, possuem um ciclo de vida curto. Ficando a cargo da empresa responsável pela construção garantir aos usuários atendimento e reparos de qualquer falha, vício ou patologia. O tema da qualidade dos empreendimentos, no setor da construção civil tem ganhado destaque nos últimos anos. Onde o foco das empresas é trabalhar baseado em ações preventivas, a fim de evitar gastos corretivos que afetaram o rendimento e a imagem da empresa junto ao mercado. Desse modo aborda-se todos os aspectos referentes às patologias, tais como, suas origens, as causas mais comuns, as tipologias, as consequências e as principais medidas corretivas a serem tomadas. Diante disso, esse setor tem hoje uma visão corretiva, baseado na inspeção constante sobre todas as fases do processo construtivo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Vale ressaltar, que a fase do desenvolvimento do projeto, é a mais importante, pois nela deverá conter todas as especificações e procedimentos necessários para a construção. As falhas surgidas na concepção do projeto só se intensificarão no decorrer do processo de construção. Desse modo, o setor precisa investir ainda mais em treinamento e qualificação adequada e constantes de seus funcionários. Muitas empresas do setor, ainda estão focadas apenas na lucratividade, deixando de lado a qualidade do serviço. É preciso que o setor, volte a sua atenção para a qualidade da construção e para a satisfação dos seu consumidor final.

Ao se abordar o tema, observamos a importância de vistorias periódicas, ações corretivas ainda na fase de execução da obra. Assim como a urgente qualificação, capacitação e atualização para os profissionais (projetista, engenheiros, mestres de obras, pedreiros, eletricistas e etc). Só assim a construção terá a durabilidade e a vida útil esperada para o setor.

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, pela minha saúde e da minha família e por permitir que esse trabalho acontecesse e por todos os momentos da minha vida permitida pelo maior mestre que alguém pode conhecer.

A esta Universidade Regional do Cariri e a todas as instituições que estão envolvidas na promoção desse Congresso Internacional.

Aos meus tesouros, Normelia Cordeiro minha esposa e a minha filha Mariana Cordeiro, pelo amor, incentivo e apoio incondicional.

E por último a todos que direta ou indiretamente fizeram e fazem parte da minha formação, tanto como pessoa, quanto como profissional; o meu muito obrigado.

Referências Bibliográficas

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13754 (1996): revestimento de paredes internas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante - procedimento. Rio de Janeiro, 1996.

_____. NBR 5410 (2004): instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro.

_____. NBR 9875 (2010): Plásticos: Determinação da massa específica do material moldado e do fator de compressão - Método de ensaio.

Borges, C. A. M. (2008). O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil. Dissertação (Mestrado de Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Brandão, R. M. L. (2007). Levantamento das manifestações patológicas nas edificações, com até cinco anos de idade, executadas no Estado de Goiás. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado em Engenharia Civil, Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

Campante, E. F., Baia, L. M. (2003). Projeto e execução de revestimento cerâmico**.** São Paulo.

Duarte, R. B. (1998). Fissuras em alvenarias: causas principais, medidas preventivas e técnicas de recuperação. Porto Alegre: CIENTEC. Boletim Técnico n. 25.

John, V. M. (2000) Como evitar as trincas e fissuras nos forros. Disponível em: <http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/como-evitar-as-trincas-e- fissuras-nos-forros-e-pre-moldados-83990-1.asp>. Acesso em: 19 de Junho de 2017.

Lima, B.S. (2015). Principais manifestações patológicos em edificações residenciais multifamiliares. Santa Maria, Rio grande do Sul. Disponível em: http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/2_2015/TCC_BRUNO%20SANTOS%20DE%20LIMA.pdf. Acesso em: 20 de Junho de 2017.

Magalhães, E. F. (2004). Fissuras em alvenarias: configurações típicas e levantamento de incidências no Estado do Rio Grande do Sul. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Moch, T. (2009). Interface esquadria/alvenaria e seu entorno: análise das manifestações patológicas típicas e proposta de soluções**.** Dissertação (Mestrado de Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Moraes, C. R. K. (2002). Impermeabilização em lajes de cobertura: levantamento dos principais fatores envolvidos na ocorrência de problemas na cidade de Porto Alegre. Dissertação (Mestrado de Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

Oliveira, D.F. (2013) O Conceito de Qualidade Aliado às Patologias na Construção Civil. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica. Disponível: http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf. Acesso: 20 de Junho de 2017.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Righi, G. V. (2009). Estudo dos sistemas de impermeabilização: patologias, prevenções e correções – análise de casos. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

Silva, A.P., Jonov, C.M.P. (2016). Falhas e patologias dos materiais de construção. Disponível em: http://www.demc.ufmg.br/adriano/Falhas%20e%20Patologias%20dos%20Materiais%20de%20Construcao.pdf. Acesso em: 20 de Junho de 2017.

Siqueira Filho, A. V. (2006). Estudo da patologia do amarelamento pós-pintura nos pré- moldados de gesso**.** Disponível em: http://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5524. Acesso em: 15 de Junho de 2017.

Souza, M.F. (2008): Patologias ocasionas pela umidade nas edificações. Dissertação de Especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. Disponível em: http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg1/Patologias%20Ocasionadas%20Pela%20Umidade%20Nas.pdf. Acesso em: 19 de Junho de 2017.

Thomaz, E. (1989). Trincas em Edifícios: causas, prevenção e recuperação. 1. ed. São Paulo.

ISBN: 978-85-65425-32-2

XIII Congresso Internacional sobre Patologia e Reabilitação de Estruturas
XIII Congreso Internacional sobre Patología y Rehabilitación de Estructuras
XIII International Conference on Structural Repair and Rehabilitation

7-9 September, 2017, Crato (Ceara), Brasil

AS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS NO PAVIMENTO DE CONCRETO DA AVENIDA CONDE DA BOA VISTA – TRECHO 13 – BRASIL, RECIFE

Pathological Manifestations On The Concrete Pavement Of Conde Da Boa Vista Avenue - Section 13 - Brazil, Recife

Raíza Silva BEZERRA [1], **Ramon Duque Ferraz** BURGOS [2], **Eduardo José Melo** LINS[3]

[1] Universidade Católica de Pernambuco, Recife, Brasil, rbraizabezerra@gmail.com
[2] Universidade de Pernambuco, Recife,Brasil, rramonduque@gmail.com
[3] Universidade de Pernambuco, Recife, Brasil, eduardojmlins@hotmail.com

Resumo: Devido ao grande crescimento da cidade do Recife diante das inúmeras atividades que se desenvolveram e desenvolvem, a capital pernambucana apresenta um intenso fluxo de veículos, inclusive ônibus e caminhões que são veículos de grande porte. A Avenida Conde da Boa Vista, localizada no Centro da cidade, é um dos principais acessos que liga o centro histórico e comercial da metrópole ao subúrbio. Deste modo, foi realizado um levantamento nesta Avenida no Trecho 13, para identificar as manifestações patológicas no pavimento rígido de concreto, de acordo com a norma DNIT 061/2014 – TER (Pavimento rígido – Defeitos – Terminologia). Posteriormente, com a norma DNIT 062/2004 – PRO (Pavimento rígido – Avaliação objetiva – Procedimentos) foram calculados os ICPs (Índice de Correção do Pavimento) para classificar o pavimento quanto ao conforto e suavidade do rolamento. De acordo com esta classificação, o pavimento recebeu o conceito de bom. Analisando faixa por faixa, apenas uma faixa recebeu o conceito de ruim, três faixas o conceito de bom e duas faixas o conceito de muito bom.

Palavras-chave: manifestações patológicas, pavimentos de concreto, pavimentos rígidos, Avenida Conde da Boa Vista.

Abstract: Due to the urban growth and the multiple activities and needs of the population, Recife presents an intense flow of vehicles, including large vehicles like buses and trucks. The Conde da Boa Vista Avenue, located in the city center, is one of the main accesses and it connects the historical and commercial center of the metropolis to the suburb. A survey was conducted on this Avenue, in section 13, in order to identify the pathological manifestations in the hard concrete pavement, in accordance with the DNIT 061/2014 - TER (Hard Pavement - Defects - Terminology). Subsequently, using the DNIT standard 062/2004 - PRO (Hard Pavement - Objective Evaluation - Procedures) the ICPs (Pavement Correction Index) were calculated in order to classify the pavement comfort and smoothness of the bearing. According to this classification, the pavement received a good concept. Analyzing track by track, only one received a bad concept, three received a good one and two received a very good concept.

Key words: pathological manifestations, concrete pavements, rigid pavements, Conde da Boa Vista Avenue

ISBN: 978-85-65425-32-2

1. Introdução

O Recife, capital pernambuca, é considerada por muitos a capital do Nordeste. Esse título não é a toa, pois a cidade apresenta o maior PIB (Produto interno bruto) do Norte-Nordeste, é o maior polo industrial e econômico do nordeste, possui um dos melhores aeroportos senão o melhor do Brasil, além do Complexo Industrial e Portuário de SUAPE e o Estaleiro Atlântico Sul.

Ainda assim, segundo pesquisa realizada pela revista EXAME em 31/03/2015, Recife é a cidade brasileira na qual se gasta mais tempo parado no trânsito. E de acordo com pesquisa realizada em 2014 pelo jornal O GLOBO, Recife é a sexta cidade no mundo com o maior trânsito. Podemos atribuir essa situação ao crescimento rápido e desordenado dessa região. A grande demanda de oportunidades induziu a capital a crescer verticalmente, para acomodar a população e suas atividades. E consequentemente, a necessidade de mais vias para comportar o fluxo de veículos de passeio, ônibus, BRTs (Bus Rapid Transit), caminhões, entre outros.

Perante essas circunstancias, a capital pernambucana apresenta pavimentos rígidos que são dimensionados para suprir a demanda da população e que se faz necessário um acompanhamento para futuras manutenções.

Recife é conhecida tradicionalmente como a capital do pavimento de concreto. Segundo o engenheiro Marcos Dutra de Carvalho: Mais durável, seguro e ambientalmente amigável, o pavimento de concreto economiza combustível e iluminação pública, diminui o custo operacional dos veículos e o índice de acidentes nas rodovias, e vias urbanas, reduzindo o custo social, conforme discutido neste artigo.

O pavimento de concreto é a única solução para corredores exclusivos de ônibus, perimetrais urbanas e marginais, conforme definição de Hugo Rodrigues Filho, diretor de comunicação da ABCP.

2. Revisão bibliográfica

2.1 Avenida Conde da Boa Vista

A Avenida Conde da Boa Vista era originalmente um terreno alagado, uma área de mangue, que em 1756 foi aterrado. Inicialmente chamada de Rua Formosa, a atual Avenida foi construída em três etapas. Em 1840, Francisco do Rego Barros, o Conde de Boa Vista, aterrou o mangue onde hoje existe o bairro da Boa Vista para expandir o centro da cidade, sendo iniciada a construção da sua primeira parte: o trecho entre a Rua da Aurora e a Rua do Hospício. Posteriormente, foi construído o trecho seguinte, entre a Rua do Hospício e a Rua Gervásio Pires. Em 1852, teve início a construção da terceira parte, que vai até o bairro do Derby, que só foi finalizada em 1899. Vale ressaltar que, de acordo com a prefeitura do Recife, a Avenida Conde da Boa Vista se limita da Rua Aurora à Rua Dom Bosco.

Em 1946 a futura Avenida foi ampliada, tomando-se por base as dimensões, de calçada a calçada, da Ponte Duarte Coelho, que havia sido inaugurada, em concreto, no ano de 1943.

ISBN: 978-85-65425-32-2

No processo de alargamento foram demolidas diversas construções, entre as quais a Igreja Anglicana, em cujo térreo fica o antigo Cinema São Luís.

Estrategicamente localizada, a Conde da Boa Vista é uma das artérias mais movimentadas da capital pernambucana. Estima-se que seu movimento diário seja de mais de 20 mil veículos e 40 mil pessoas. Antes, uma área eminentemente residencial, abriga atualmente grande parte do comércio do centro da cidade, além de bancos, instituições de ensino, igrejas, um *Shoppping Center*; bares e restaurantes.

Entre 2007 e 2008, a Prefeitura do Recife começou a construir o chamado *Corredor Leste-Oeste*, implantando uma faixa exclusiva para ônibus ligando a Avenida Conde da Boa Vista à Avenida Caxangá. As calçadas foram reconstruídas e implantadas novas paradas de ônibus no meio da Avenida, trazendo uma nova concepção urbanística para a área.

2.2 Normas do DNIT

2.2.1 – Norma DNIT 061/2004 – TER

Essa norma estabelece a nomenclatura padronizada para classificação dos defeitos rígidos dos pavimentos de concreto de cimento Portland. Onde temos os tipos de defeitos:

1- Alçamento de placas: Desnivelamento das placas nas juntas ou nas fissuras transversais e eventualmente, na proximidade de canaletas de drenagens ou de intervenções feitas no pavimento.

2- Fissura de canto: É a fissura que intercepta as juntas a uma distância menor ou igual à metade do comprimento das bordas ou juntas do pavimento (longitudinal e transversal), medindo-se a partir do seu canto. Essa fissura geralmente atinge toda a espessura da placa.

3- Placa dividida: É a placa que apresenta fissuras dividindo-a em quatro ou mais partes.

4- Escalonamento ou degrau nas juntas: Caracteriza-se pela ocorrência de deslocamentos verticais diferenciados e permanentes entre uma placa e outra adjacente, na região da junta.

5- Falha na selagem das juntas: É qualquer avaria no material selante que possibilite o acúmulo de material incompressível na junta ou que permita a infiltração de água.

6- Desnível pavimento: Acostamento: É o degrau formado entre o acostamento e a borda do pavimento, geralmente acompanhado de uma separação dessas bordas.

7- Fissuras lineares: São fissuras que atingem toda a espessura da placa de concreto, dividindo-a em duas ou três partes. Quando as fissuras dividem a placa em quatro ou mais partes, o defeito é denominado de “placa dividida”.

8- Grandes reparos: É uma área do pavimento original maior que 0,45 m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

9- Pequenos reparos: É uma área do pavimento original menor que 0,45 m², que foi removida e posteriormente preenchida com um material de enchimento.

10- Desgaste superficial: Caracteriza-se pelo descolamento da argamassa superficial, fazendo com que os agregados aflorem na superfície do pavimento, e com o tempo fiquem com a sua superfície polida.

11- Bombeamento: Consiste na expulsão de finos plásticos existentes no solo de fundação do pavimento, através das juntas, bordas ou trincas, quando da passagem das cargas solicitantes. Os finos bombeados tem a forma de uma lama fluida, sendo identificados pela presença de manchas terrosas ao longo das juntas, bordas ou trincas.

12- Quebra localizada: São áreas das placas que se mostram trincadas e partidas em pequenos pedaços, tendo formas variadas, situando-se geralmente entre uma trinca e uma junta ou entre duas trincas próximas entre si (em torno de 1,5)

13- Passagem de nível: São defeitos que ocorrem em passagens de nível, consistindo de depressão ou elevações próximas aos trilhos.

14- Fissuras superficiais (rendilhado) e escamação: As fissuras superficiais (rendilhado) são fissuras capilares que ocorrem apenas na superfície da placa, tendo profundidade entre 6mm e 13mm, que apresentam a tendência de se interceptarem, formando ângulos de 120º. A escamação caracteriza-se pelo descolamento da camada superficial fissurada, podendo no entanto, ser proveniente de outros defeitos, tal como o desgaste superficial.

15- Fissura de retração plástica: São fissuras pouco profundas (superficiais), de pequena abertura (inferior a 0,5mm) e de comprimento limitado. Sua incidência costuma ser aleatória e elas se desenvolvem formando ângulo de 45º a 60º com o eixo longitudinal da placa

16- Esborcinamento ou quebra de canto: São quebras que aparecem nos cantos das placas, tendo forma de cunha, que ocorrem em uma distância não superior a 60cm do canto.

17- Esborcinamento de juntas: Se caracteriza pela quebra das bordas da placa de concreto (quebra em cunha) nas juntas, com o pavimento máximo de 60 cm, não atingindo toda a espessura da placa.

18- Placa “bailarina”: É a placa cuja movimentação vertical é visível sob a ação do tráfego, principalmente na região das juntas.

19- Assentamento: Caracteriza-se pelo afundamento do pavimento, criando ondulações superficiais de grande extensão, podendo ocorrer que o pavimento permaneça íntegro.

20- Buracos: São reentrâncias côncavas observadas na superfície da placa, provocadas pela perda de concreto no local, apresentando área e profundidade bem definida.

ISBN: 978-85-65425-32-2

2.2.2 – Norma DNIT 062/2004 – PRO

Essa norma descreve as condições para o cálculo do ICP, que é calculado subtraindo do valor 100 um somatório de valores deduzíveis (CVD), que é em função dos tipos de grau de severidade e das densidades de defeitos das placas defeituosas visíveis registradas na Ficha de Inspeção da amostra.

Antes de ser subtraído, esse somatório deve ser corrigido, e abaixo, temos o modelo matemático para tal cálculo:

$$ICP = 100 - \sum_{i=1}^{p} \sum_{j=i}^{m_i} A(T_i, S_j, D_{ij})\, F(t,q)$$

Onde:

- ICP = Índice de Condição do Pavimento;
- A = Valor Deduzível, dependente do tipo de defeito (Ti), grau de severidade (Sj) de densidade dos defeitos (Dij);
- I = Contador para todos os tipos de defeitos;
- J = Contador para graus de severidade;
- P = Número total de placas defeituosas;
- Mi = Número de graus de severidade para o tipo de defeito
- F (t,q) = Uma função de ajustamento para defeitos múltiplos que varia com o valor deduzível somado (t) e o número de deduções (q)

3. Metodologia

O levantamento dos defeitos foi realizado em 3 dias, no qual todas as placas foram analisadas de acordo com a nomenclatura da norma DNIT 061/2004 – TER e catalogadas para posteriormente serem calculados de acordo com a norma DNIT 062/2004 – PRO. O Quadro 01 demonstra o levantamento.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 01 – Levantamento das manifestações patológicas

FICHA PARA LEVANTAMENTO DE CAMPO

PAVIMENTO: Avenida Conde da Boa Vista TRECHO: 13

DATA: 15/05/16

TIPOS DE DEFEITO (DNIT 061/2004 - TER)
1. ALÇAMENTO DE PLACAS 2. FISSURA DE CANTO 3. PLACA DIVIDIDA 4. DEGRAU DE JUNTA 5. DEFEITO NA SELAGEM DAS JUNTAS 6. DESNÍVEL PAVIMENTO-ACOSTAMENTO 7. FISSURAS LINEARES 8. GRANDES REPAROS 9. PEQUENOS REPAROS 10. DESGASTE SUPERFICIAL 11. BOMBEAMENTO 12. QUEBRAS LOCALIZADAS 13. PASSAGEM DE NÍVEL 14. RENDILHADO E ESCAMAÇÃO 15. FISSURA DE RETRAÇÃO PLÁSTICA 16. QUEBRA DE CANTO 17. ESBORCIMENTO DE JUNTAS 18. PLACA BAILARINA 19.ASSENTAMENTO 20.BURACO

Placas	6	5	4	3	2	1
1	4B 9A 10 14B 15	5B 15 16 B 20	5A 15 17B	5A	4M 10 14B	5M 10
2	5A 10 15 17B 20	5 15	5A 9M 14B	5M 16M 17B 18M	4B 10 17B	5M
3	9A 10 15	5M 20	5M 15	5M 17B	5M	X
4	1M 5M	5M 15 16B 20	15	1 M 5M 10	X	17B
5	15 17B	15 17A 20	5B 10 17B	5M 10 17B	X	X
6	10 15	5A 20	5M 17B	5B 20	17M 20	10
7	15 5	17M 20	15 20	5M 10	10 15 20	5M 10 16M 17B 18M
8	5B 15	5B 17B 20	5A 15 17M	4M 10 14B 17B	5M 10 17M 20	10 17B
9	5B 15 17M 20	4B 5M	2A 5B 16M 17M 18M	5A 15 20	4M 5M 10 17M	5B 10
10	4M 5B 10 17B	4B 5M 8M 20	5B 15 17B 20	1A 4A 5M 7A 8A 10 17M 18M	4M 5M 10 17B 20	5M 10 17B 20
11	4M 5B 10 17B	4M 5A 14A 20	14B	14M 15 17B	4B 10 12M 14M 20	5M 10 17B
12	5M 10 17B 20	5B 10 17B 20	5B 15 17B	5M 15	4B 5M 10	5B 10 20

ISBN: 978-85-65425-32-2

13	5A 10 17M	5A 20	5M 17B 20	14M	5B 10 16B 18B 20	5B 10
14	5A 10	5A 10 20	5A 17B 20	5M 10 17B	5M 10 17B	5B 10
15	5M 10 20	5A 10 17B 20	5B 17B	5M 10 20	14B 17B 20	10
16	5B 12M 15 17B	4B 5M 10 15 20	5B 15	5M 10 15 17M	15 20	10
17	5B 10 15 20	4B 5M 10 20	5B	5M 9M 10 17M 20	5B 10 20	10 15

Fonte: Autores (2017)

As placas foram numeradas no sentido da Rua da Aurora para o Derby da direita para esquerda. A numeração foi representada na nomenclatura “X.Y” onde X = número da linha e Y = número da coluna. O levantamento foi realizado no trecho 13 com os respectivos defeitos conforme nomenclatura do DNIT. Os quadradinhos que contém um “X” representam as paradas de ônibus.

4. Resultados

O Gráfico 01 mostra as manifestações patológicas encontradas na Faixa 01, a qual só trafegam veículos leves.

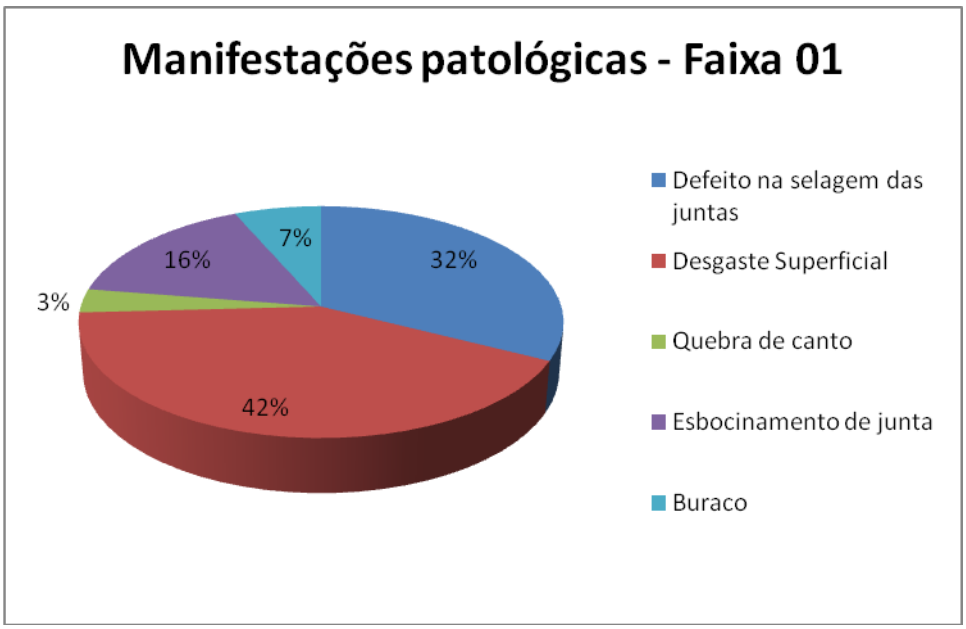


Gráfico 01 – Manifestações patológicas na Faixa 01. Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Observa-se que os principais problemas são o desgaste superficial, apresentado em quase metade das placas e em segundo lugar, com um pouco mais que um terço das placas, os defeitos na selagem das juntas. Essa faixa ainda apresenta esborcinamento das juntas, buracos e quebras de canto.

O Quadro 02 classifica a faixa segundo norma do DNIT 062/2014 quanto à sua qualidade. Essa faixa recebeu o conceito muito bom.

O Gráfico 02 mostra as manifestações patológicas encontadas na Faixa 02, faixa que trafegam dependendo da parte veículos leves e veículos pesados, como ônibus e BRTs.

Na Faixa 02 observa-se com maior frequência a ocorrência de desgaste superficial e defeito na selagem das juntas. Burracos, esborcinamento de juntas e degrau de juntas apresentam uma ocorrência considerável. Já rendilhado e escamação, fissuras de retração plástica, enquanto a quebra de canto e placa bailarina ocorrem com baixa frequência.

O Quadro 03 demostra o cálculo sintetizado do Índice, que atingiu o conceito bom.

Quadro 02 – Conceito da faixa 01

Conceito da Faixa 01 conforme DNIT 062/2014				
TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	N° DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
5	B	5	29	2
5	M	5	29	4
10		13	76	10
16	M	1	6	4
17	B	5	29	7
20		2	12	
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				27
NÚMERO DE VALORES DEDUZÍVEIS (q)				2
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				21
IPC = 100 – VDC				79
CONCEITO				MUITO BOM

Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

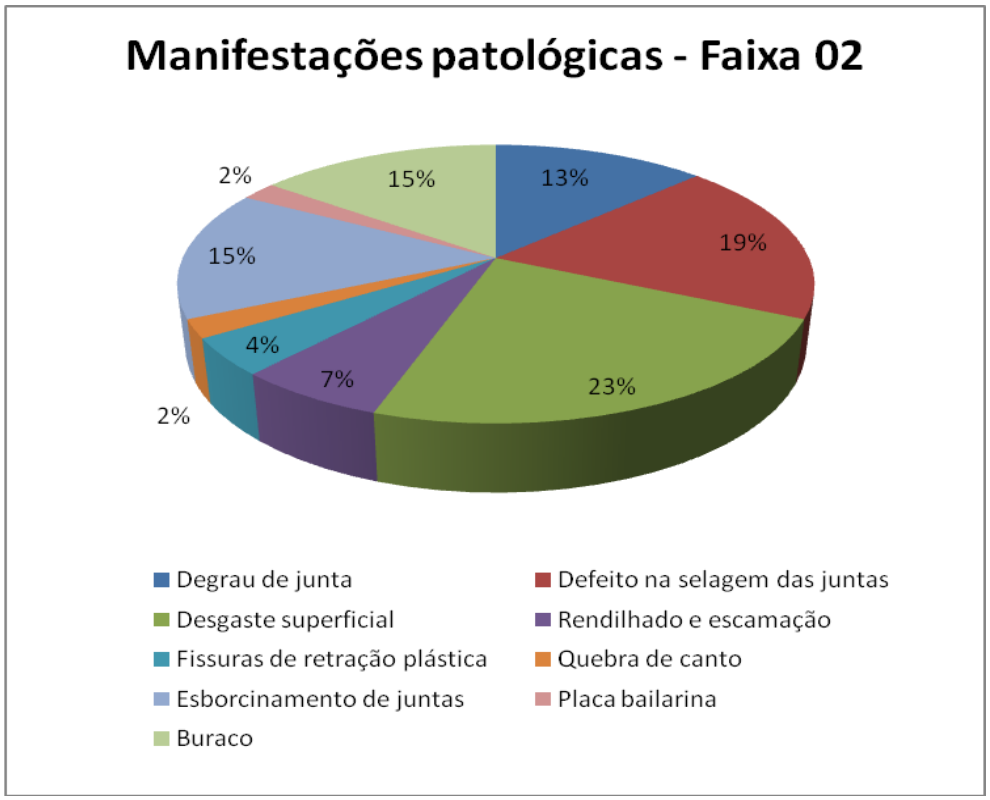


Gráfico 02 – Manifestações patológicas na Faixa 02. Fonte: Autores (2017)

Quadro 03 – Conceito da faixa 02

Conceito da Faixa 02 conforme DNIT 062/2014				
TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	N° DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
4	B	3	18	7,5
4	M	3	18	15
5	B	2	12	2
5	M	6	35	4
5	A	1	6	8
10		11	65	9
12	M	1	6	
14	B	2	12	2,5
14	M	1	6	6,5

ISBN: 978-85-65425-32-2

15		2	12	
16	B	1	6	1
17	B	4	24	5
17	M	3	18	11,5
18	B	1	6	2
20		7	41	
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				74
NÚMERO DE VALORES DEDUZÍVEIS (q)				7
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				34
IPC = 100 - VDC				66
CONCEITO				BOM

Fonte: Autores (2017)

O Gráfico 03 mostra as manifestações patológicas encontradas na faixa 03, a qual é exclusiva de ônibus, BRTs e taxis.

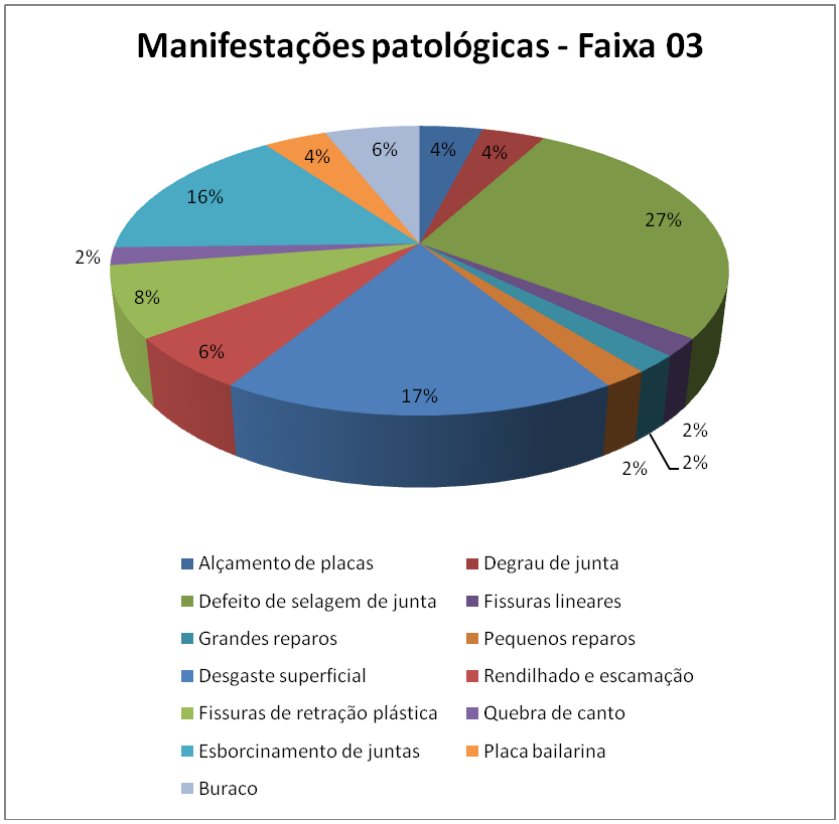


Gráfico 03 – Manifestações patológicas na Faixa 03. Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

Observa-se nessa faixa, que recebe grandes cargas, a presença dominante de defeitos de selagem de junta, desgaste superficial e esborcinamento de juntas. Em frequencia ainda mas ainda significativa, temos fissuras de retração plástica, rendilhado e escamação, buraco, placa bailarina, alçamento de placas e degrau de juntas. Fissuras lineares, pequenos reparos, grandes reparos e quebra de canto ocorrem, entretanto, sem frequência.

Quadro 04 – Conceito da faixa 03

Conceito da Faixa 03 conforme DNIT 062/2014				
TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	N° DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
1	M	1	6	10
1	A	1	6	39
4	M	1	6	5
4	A	1	6	11
5	B	1	6	2
5	M	11	65	4
5	A	2	12	8
7	A	1	6	11,5
8	A	1	6	11
9	M	1	6	2
10		9	53	8,5
14	B	1	6	1
14	M	2	12	10
15		4	24	1
16	M	1	6	3,5
17	B	5	29	6
17	M	3	18	7
18	M	2	12	10
20		3	18	
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				150,5

ISBN: 978-85-65425-32-2

NÚMERO DE VALORES DEDUZÍVEIS (q)	12
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)	70,5
IPC = 100 - VDC	29,5
CONCEITO	RUIM

Fonte: Autores (20107)

O Gráfico 04 mostra as manifestações patológicas encontradas na faixa 04, a qual também é exclusiva de ônibus, BRTs e táxis.

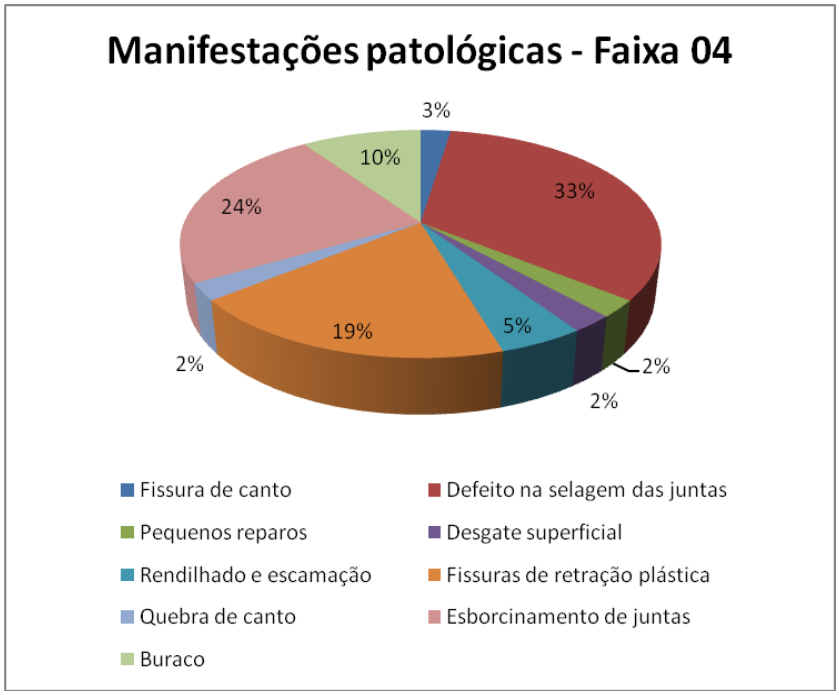


Gráfico 04 – Manifestações patológicas na Faixa 04. Fonte: Autores (2017)

Observa-se uma ocorrência significativa de defeito na selagem das juntas, esborcinamento de juntas e fissuras de retração plástica. Os buracos também aparecem com um frenquência menor. Rendilhado e escamação, fissura de canto, pequenos reparos, desgaste superficial e quebra de canto ocorrem sem frequencia.

O Gráfico 05 mostra as manifestações patológicas encontradas na Faixa 05, faixa que recebe um tráfego misto.

ISBN: 978-85-65425-32-2

Quadro 05 – Conceito da faixa 04

Conceito da Faixa 04 conforme DNIT 062/2014				
TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	N° DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
2	A	1	6	14
5	B	7	41	2
5	M	3	18	4
5	A	4	24	8
9	M	1	6	2,5
10		1	6	1,5
14	B	2	12	8
15		5	47	3
16	M	1	6	3
17	B	8	47	9
17	M	2	12	4,5
20		4	24	
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				59,5
NÚMERO DE VALORES DEDUZÍVEIS (q)				4
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				34
IPC = 100 - VDC				66
CONCEITO				BOM

Fonte: Autores (2017)

Observa-se que praticamente um terço dessa faixa apresenta defeito na selagem das juntas e que 26% apresentam buracos. Esborcinamento de juntas, desgaste superficial, fissuras de retração plástica e degrau de juntas ocorrem com uma frequência menor. Quebra de canto, rendilhado e escamação e grandes reparos apresentam manifestações em casos isolados.

ISBN: 978-85-65425-32-2

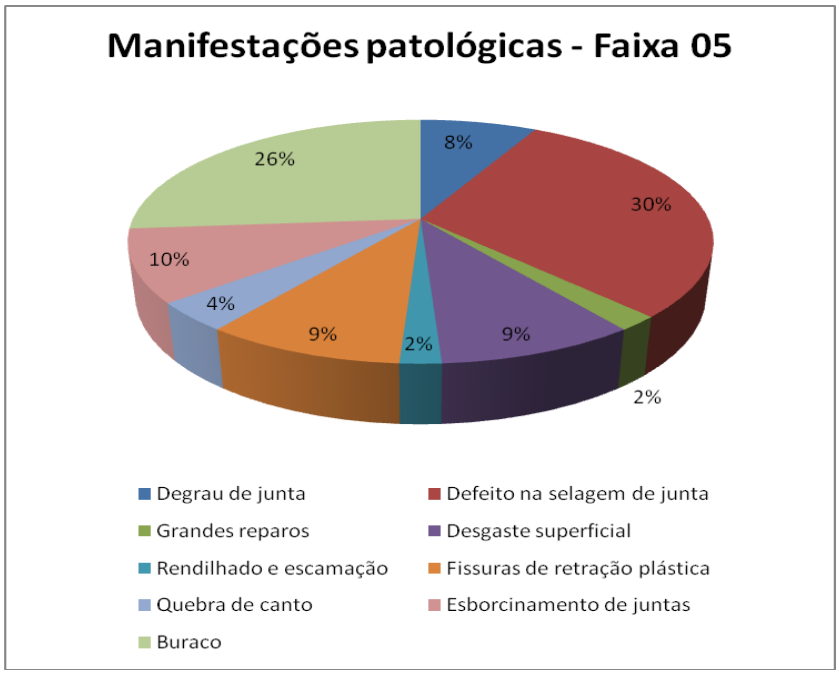


Gráfico 05 – Manifestações patológicas na Faixa 05. Fonte: Autores (2017)

Quadro 06 – Conceito da faixa 05

Conceito da Faixa 05 conforme DNIT 062/2014				
TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	N° DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
4	B	3	18	7
4	M	1	6	5
5	B	4	24	2
5	M	7	41	4
5	A	5	29	8
8	M	1	6	4
10		5	29	5
14	A	1	6	10
15		5	29	2
16	B	2	12	3

ISBN: 978-85-65425-32-2

17	B	3	18	4
17	M	1	6	2,5
17	A	1	6	5
20		14	82	
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				61,5
NÚMERO DE VALORES DEDUZÍVEIS (q)				6
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				26
IPC = 100 - VDC				74
CONCEITO				MUITO BOM

Fonte: Autores (2017)

O Gráfico 06 demonstra as manifestações patólogicas de uma faixa que só circulam veículos leves.

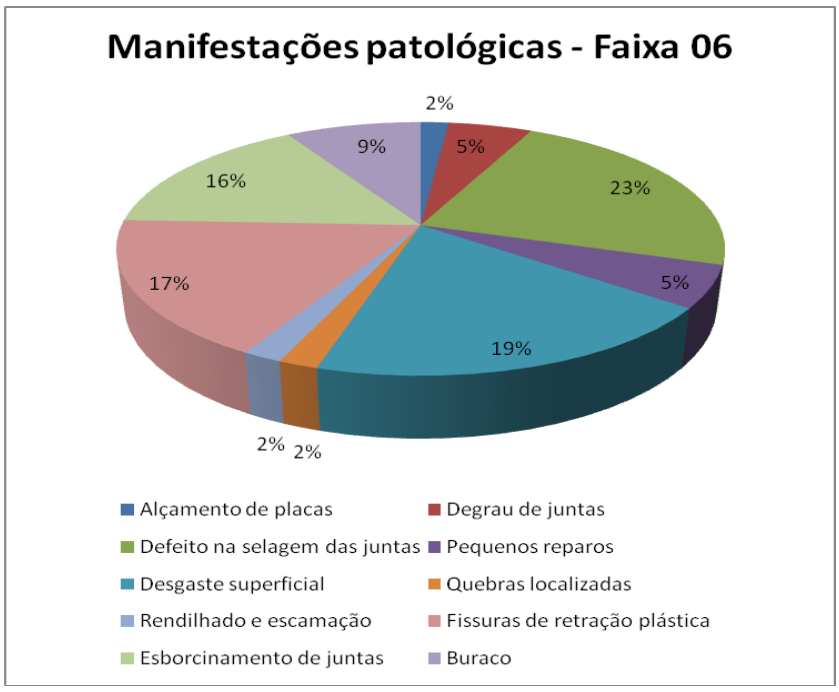


Gráfico 06 – Manifestações patológicas na Faixa 06. Fonte: Autores (2017)

Observa-se defeito na selagem das juntas, desgaste superficial, fissuras de retração plástica e esborcinamento de juntas com uma frequencia menor que um terço da faixa. Buracos, degrau de juntas, pequenos reparos, quebras localizadas, rendilhado e escamação, e alçamento de placas ocorrem sem uma grande frequencia.

ISBN: 978-85-65425-32-2

O Gráfico 07 mostra, em porcentagens, as manifestações em todo o trecho analisado.

Quadro 07 – Conceito da faixa 06

Conceito da Faixa 06 conforme DNIT 062/2014				
TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	N° DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
1	M	1	6	10
4	B	1	6	2
4	M	2	12	10
5	B	6	35	2
5	M	4	24	4
5	A	3	18	8
9	A	3	18	9
10		11	65	9
12	M	1	6	15
14	B	1	6	3
15	B	10	59	4
17	B	6	35	7
17	M	3	18	6
20		5	29	
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				89
NÚMERO DE VALORES DEDUZÍVEIS (q)				8
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				40
IPC = 100 - VDC				60
CONCEITO				BOM

Fonte: Autores (2017)

ISBN: 978-85-65425-32-2

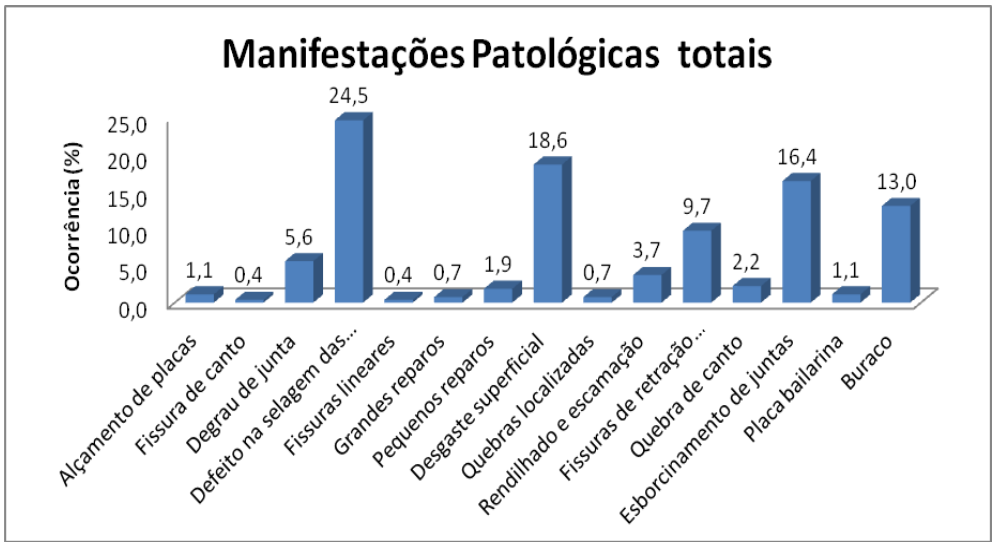


Gráfico 07 – Manifestações patológicas em todas as faixas. Fonte: Autores (2017)

Observa-se uma grande ocorrência de defeito na selagem das juntas, desgaste superficial, esborcinamento de juntas e buraco.

Quadro 08 – Conceito de todo o trecho

Conceito de todo o trecho conforme DNIT 062/2014				
TIPOS DE DEFEITOS	GRAUS DE SEVERIDADE	N° DE PLACAS AFETADAS	% DE PLACAS AFETADAS	VALOR DEDUZÍVEL
1	M	2	2,0	4
1	A	1	1,0	0,5
2	A	1	1,0	0,5
4	B	7	7,0	2
4	M	7	7,0	7
4	A	1	1,0	1
5	B	25	25,0	2
5	M	36	35,0	4
5	A	15	15,0	8
7	A	1	1,0	2,5
8	M	1	1,0	0,5

ISBN: 978-85-65425-32-2

8	A	1	1,0	2,5
9	M	2	2,0	1
9	A	3	3,0	3
10		50	49,0	8
12	M	2	2,0	6
14	B	6	6,0	1,5
14	M	3	3,0	4
14	A	1	1,0	1
15		26	25,0	1,5
16	B	3	3,0	1
16	M	3	3,0	2,5
17	B	31	30,0	6,5
17	M	12	12,0	4
17	A	1	1,0	1
18	B	1	1,0	0,5
18	M	2	2,0	2,5
20		35	34,0	
VALOR DEDUZÍVEL TOTAL				78,5
NÚMERO DE VALORES DEDUZÍVEIS (q)				4
VALOR DEDUZÍVEL CORRIGIDO (VDC)				44
IPC = 100 - VDC				56
CONCEITO				BOM

5. Conclusões

As faixas 01 e 06 apresentam funções idênticas em relação ao tipo de fluxo, assim como as faixas 02 e 05; e as faixas 03 e 04, mudando apenas o sentido do fluxo. As faixas 01, 02 e 03 tem sentido do centro da cidade para o subúrbio, enquanto que as faixas 04, 05 e 06 tem sentido do subúrbio para o centro da cidade.

Desta forma, as faixas 01 e 06 apresentam como principais manifestações patológicas de ambas as partes: o desgaste superficial, defeito na selagem das juntas e esborcinamento das juntas. O desgaste superfcial é decorrente do uso, o qual é agravado pelo tempo e decorrente pela abrasão sofrida pelo pavimento. Os defeitos de selagem de juntas podem

ISBN: 978-85-65425-32-2

ter origem na má execução das próprias juntas ou até mesmo na má execução das placas de concreto que, consequentemente podem gerar o esborcinamento das juntas. A faixa 01 recebeu o conceito de “muito bom” e a faixa 06 de “bom”, provavelmente essa diferença de conceitos foi dada devido a faixa 06 apresentar 17% de fissuras de retração plástica, que podem ter sua origem na falta de cura adequada.

As faixas 02 e 05 apresentam simultâneamente, em ocorrências significativas des defeitos na selagem das juntas, buraco, esborcinamento das juntas, desgaste superficial e degrau de juntas. Os buracos são falhas construtivas e os degraus de juntas podem ser causados por um recalque diferencial. A faixa 02 recebeu o conceito de “bom” e a faixa 05, de “muito bom”.

As faixas 03 e 04 apresentam simultâneamente defeito na selagem das juntas, esborcinamento das juntas e fissuras de retração plástica. A faixa 03 ainda apresenta 17% de desgaste superficial e recebe o conceito de ruim. Essa faixa apresenta pequenos e grandes reparos, quebra de canto e placa bailarina. A faixa 04 recebeu o conceito de “bom” e apresenta 10% de buracos.

Analisando todas as faixas, chegamos ao conceito de “bom” e que as manifestações patológicas que aparecem em maior ocorrência são os defeitos na selagem das juntas, desgaste superficial, esborcinamento das juntas e buraco. Esses problemas podem ser amenizados com um controle maior na execução para garantir uma adequada compactação (para evitar recalques diferenciais), um concreto de alta qualidade, resistência e durabilidade (para evitar fissuras, desgaste superficial, buraco, entre outros), execução das juntas corretamente (para evitar defeitos na selagem das juntas, esborcinamento das juntas, entre outros).

No geral, o pavimento analisado encontra-se em bom estado para ser utilizado e ainda nao nescessita de um recapeamento, entretando, se necessário deverá ser reparado

Referências Bibliográficas

_____Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 061/2004 – TER Pavimento rígido – Defeitos – Terminologia.2004.

_____Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Norma DNIT 062/2004 – PRO Pavimento rígido – Avaliação objetiva – Procedimento.2004.