



**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAMETRO
ENGENHARIA CIVIL**

CRISTIANE SARAIVA MARQUES

**RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL EM VIGA DE CONCRETO ARMADO
E SUAS PATOLOGIAS**

**FORTALEZA
2021**

CRISTIANE SARAIVA MARQUES

RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL EM VIGA DE CONCRETO ARMADO
E SUAS PATOLOGIAS

Esta monografia apresentada no dia 24 de junho de 2021 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO – tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

FORTALEZA

2021

Recuperação Estrutural em Viga de Concreto Armado e suas Patologias

Monografia – Curso de Engenharia civil da Faculdade Metropolitana de Fortaleza -
FAMETRO, Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof^a. Dra. Karla Lúcia Batista Araújo

CDD 610.7362

CRISTIANE SARAIVA MARQUES

RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL EM VIGA DE CONCRETO ARMADO
E SUAS PATOLOGIAS

Esta monografia apresentada no dia 24 de junho de 2021 como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil da Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza – FAMETRO – tendo sido aprovado pela banca examinadora composta pelos professores abaixo:

BANCA EXAMINADORA

Prof.ª Dra. Karla Lúcia Batista Araújo
Orientador – Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza

Prof. Me. Adriano Sampaio Lima
Membro - Faculdade Metropolitana da Grande Fortaleza

Prof.º Dr. José Bruno Rego de Mesquita
Membro - UNIFANOR

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo seu grande amor para comigo, pois sem Ele não tinha conseguido chegar até aqui pois quando pensei em desistir, Ele me deu forças e esperanças para levantar e prosseguir, enxugou todas as minhas lágrimas, colocou também no meu caminho mestres, capacitados e com um amor imensurável na arte de ensinar me ensinou, apoiou e entendeu minhas dificuldades, foi assim que me senti acolhida e fortalecida, gostaria de citar o nome de todos mais em especial ao professor Ricardo José Marinho Castelo e ao professor José Márcio Feitosa Monteiro. Agradeço também a minha mãe, que hoje é minha filha, mais é por ela e para ela que dedico toda a minha vida, pois eu sou o fruto da pessoa que ela foi e é. E para finalizar a minha orientadora professora e Dra. Karla Lúcia Batista Araújo por sua compreensão e dedicação, e por todos que fazem parte da minha vida e que de alguma maneira torceram e oraram por minha vitória. A todos o meu muito obrigado.

Em memória à Lúcio Farias Santana Júnior.
Meu primo amado vítima da covid.

RESUMO

Conforme proposto a esse artigo referente a recuperação estrutural em concreto armado e suas patologias do estudo de uma viga em uma pousada situada no município de São Gonçalo do Amarante, o qual era apresentar toda problemática, identificar, diagnosticar e dar solução à essa viga de concreto armado cuja suas patologias já sinalizavam um processo de colapso, pois obtivemos muito aprendizado e êxito através da forma correta, procurando os profissionais habilitados e capacitados, percorrendo passo à passo de forma responsável e coerente, utilizando as normas da ABNT , garantindo que todo o processo construtivo fosse executado com segurança, economia e durabilidade de toda a recuperação estrutural da viga em concreto armado, fazendo uso adequado dos materiais. Foi identificado fissuras e rachaduras o qual foi apresentado as causas, os efeitos e todas as suas manifestações patológicas, assim também as soluções para o processo construtivo da recuperação estrutural.

Palavras-chave: Fissuras. Processos construtivos. Diagnósticos.

ABSTRACT

As proposed in this article referring to structural recovery in reinforced concrete and its pathologies of a study of a beam located at the inn in the municipality of São Gonçalo do Amarante, which was to present all the problems, identify, diagnose and solve this problem. reinforced concrete beam with its pathologies already signaled a process of collapse, as we achieved a lot and success through the correct form, looking for qualified and qualified professionals, going step by step in a responsible and coherent manner, using ABNT standards, ensuring that all the construction process was due to safety, economy and durability of the entire structural recovery of the beam in reinforced concrete, making proper use of materials. Cracks and cracks were identified and presented as causes, effects and all their pathological manifestations, as well as solutions for the constructive process of structural recovery.

Key words: Cracks. Constructive processes. Diagnostics.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Tema	15
1.2	Problematização e justificção	18
1.3	Hipótese	18
1.4	Objetivos	19
2	TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO.....	20
3	METODOLOGIA	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
	REFERÊNCIAS.....	27
	GLOSSÁRIO	28
	APÊNDICES	29
	ANEXOS	30

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil é uma área que está em constante desenvolvimento, em vastas áreas do conhecimento. Sabendo que à modernização da sociedade vem promovendo um grande crescimento científico e tecnológico, gerando grande demanda de construções de edificações, sejam elas, laborais, industriais ou habitacionais. Contudo na atual situação econômica do país, construir ou reformar uma edificação tornou-se ainda mais caro, desafiando a engenharia civil a proporcionar soluções que atenuem o custo de uma obra. Nesse contexto, o estudo das patologias nas construções, tornou-se ainda mais essencial, visto que quanto mais cedo diagnosticadas e tratadas, menores serão os danos e os custos.

Hipóteses Segundo Nazário e Zancan (2011) o termo patologia tem origem grega páthos = doença, e logos = estudo, portanto pode ser entendido como o estudo da doença, é muito utilizado nas áreas da ciência. Na construção civil pode-se atribuir patologia aos estudos dos danos ocorridos em edificações. A patologia se resume ao estudo da identificação das causas e dos efeitos dos problemas encontrados em uma edificação, elaborando seu diagnóstico e correção. Um diagnóstico adequado de uma manifestação patológica deve indicar em que etapa do processo construtivo teve origem o fenômeno em que desencadeou o problema, podendo constar as possíveis correções para o (s) problema (s) assim como medidas de profilaxia que servem tanto para evitar o seu aparecimento quanto a sua propagação.

Segundo Capello et al (2010), a origem das patologias pode ocorrer: de projetos mal feitos, da má qualidade dos materiais empregados na construção, da falta de controle tecnológico, principalmente relacionado ao concreto, da falha na etapa de construção, equipe sem preparação para execução de projetos mais elaborados, falta de fiscalização por falta dos gestores ou responsáveis pela execução do empreendimento, edificações sendo utilizadas para outros propósitos do que o inicial (de projeto) ou mesmo pelo seu uso inadequado e falta de manutenção.

1.1 Tema

Apresentou-se um estudo de caso ocorrido no município de São Gonçalo do Amarante, no distrito de Taíba, em uma Pousada, onde ocorreu a construção de vias de acesso, as diversas áreas de praia, obras essas, realizadas pela prefeitura local, sendo que, quando da movimentação da terra, acelerou danos, apresentando avarias patológicas na estrutura de concreto armado, que será apresentado nesse artigo.

1.2 Problematização e justificativa

São inúmeras as manifestações patológicas na construção civil os problemas podem ter origem em qualquer fase e/ou etapa envolvida no processo construtivo de uma edificação em que muitas vezes podem ser atribuídos a um conjunto de fatores e não somente a uma falha em uma etapa isolada.

Pode-se optar por medidas de profilaxia para evitar o aparecimento e sua propagação, pois muitas vezes sai mais caro fazer uma recuperação do que fazer uma nova edificação. Segundo (SACHS 2015), recuperar uma estrutura com patologia é mais difícil do que construir uma nova. Isto ocorre devido ao fato de que muitas vezes a edificação já pode estar em uso, o que vai dificultar os trabalhos de recuperação.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Estudar, avaliar o caso em uma pousada localizada na Taiba/Ce, que se encontra com problemas patológicos em sua estrutura.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar os problemas patológicos,
- Diagnosticar as causas e efeitos os quais apresentaram diversas fissuras na edificação, ocasionando perda de aderência da viga.
- Apresentar as soluções através da recuperação estrutural de uma viga em concreto armado.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

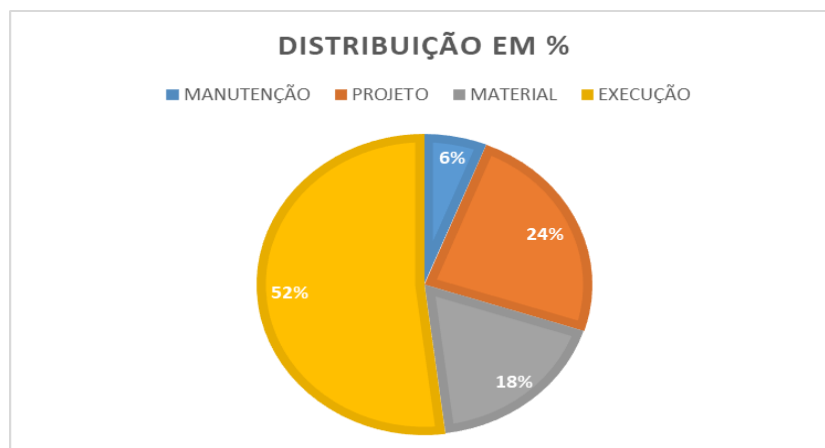
2.1 Manifestações patológicas

Segundo a NBR 15575 (2013), as obras têm que ter vida útil de no mínimo 50 anos, muitas vezes as edificações apresentam problemas muito antes deste prazo devido a muitos fatores como se pode observar na figura 01 que mostra as principais origens de incidências no Brasil.

2.1.1 Principais origens de patologias no Brasil

As principais origens de patologias no Brasil segundo estudos e pesquisas são: erro de projeto, construção não executada conforme projeto solicitado, mau uso das edificações, falta de manutenção e utilização incorreta dos materiais aplicados não respeitando o tempo de cura, suas etapas etc., no entanto conforme dados apresentados é na execução onde ocorre mais falhas que dão origem as patologias.

Figura 1. Gráfico das principais patologias



2.2 Principais patologias nas edificações

Fonte: FAAP (1991)

Segundo Oliveira (2012), as principais patologias encontradas nas edificações são:

2.2.1 Corrosão no concreto armado

A perda de aderência nas barras pode causar fissuras ao longo da barra, além de fissuras similares às que ocorrem no caso de flexão. Má utilização de anticorrosivos nas barras da armadura, cobrimento de concreto insuficiente.

Podemos citar alguns fatores que implicam diretamente na desagregação do concreto, movimentação das fôrmas, corrosão do concreto, calcinação e ataque biológico, retirada prematura das fôrmas e escoramentos, assim como a remoção incorreta, insuficiência de estanqueidade das fôrmas, falta de limpeza e de aplicação de desmoldantes nas fôrmas antes da concretagem, fck inferior ao especificado, deficiência nos sistemas de ancoragem e etc.

Considerando as deficiências que ocorrem durante a concretagem, podemos citar:

- as falhas no transporte podendo acarretar perda de trabalhabilidade;
- as falhas no lançamento, podendo causar problemas nas armaduras;
- as falhas nas juntas de concretagem, podendo causar perda de aderência entre dois concretos adjacentes;
- as falhas no adensamento do concreto que podem provocar a segregação entre o agregado graúdo e a argamassa, além de formação de ninhos de concretagem e de cavidades no concreto;
- as falhas no processo de cura, podendo causar deformações no concreto devido à retração.

A corrosão do concreto é puramente química por causa da reação da pasta de cimento com determinados elementos químicos, causando em alguns casos a dissolução do ligante ou a formação de compostos expansivos, que são fatores deteriorantes do concreto. Pode-se classificar a corrosão do concreto segundo três tipos, dependendo das ações químicas que lhe dão origem: corrosão por lixiviação; corrosão química por reação iônica; e corrosão por expansão.

A corrosão das armaduras é um processo que avança de sua periferia para o seu interior, havendo troca de seção de aço resistente por ferrugem. Este é o primeiro aspecto patológico da corrosão, ou seja, a diminuição de capacidade resistente da armadura, por diminuição da área de aço.

2.2.2 Ataques biológicos

O importante em termos de ataque biológico, dá-se que os sulfetos, inicialmente em forma de gás sulfídrico, H₂S, dissolvido na água ao entrarem em contato com o cálcio do cimento Portland, e na presença de bactérias aeróbicas, formam o sulfureto de cálcio, que descalcifica o concreto, amolecendo toda a pasta de cimento.

2.2.3 Variação de temperaturas

As causas sejam elas químicas (presença de cloreto, ácidos e sais, água, elevação da temperatura interna do concreto e expansibilidade de certos constituintes do concreto) ou físicas (insolação, vento, água sob a forma de chuva, gelo e umidade e ação da variação da temperatura externa. É uma das causas próprias à estrutura porosa do concreto.

2.2.4 Fissuras

Deficiência de projeto, no que se refere às deficiências de projeto, as causas de fissuras em vigas, lajes podem ser em função de esforço a que as peças estão submetidas: flexão, tração, cortante, torção, perda de aderência e cargas concentradas.

- **Flexão:**

situação que pode surgir quando o engenheiro calculista não faz uma avaliação correta da carga que será aplicada no elemento estrutural, devido a deficiência dos materiais empregados ou em condições de uso quando se aplica

uma carga maior que a prevista em projeto.

- Tração:

As fissuras causadas por esforços de tração são, em geral, ortogonais à direção do esforço e atravessam toda a seção. O material concreto é muito suscetível a esse tipo de fissura, pois a resistência à tração deste material é muito pequena.

- Cortante:

Esse tipo de fissura ocorre normalmente nos pontos de cortante máximo, e é característico de seção insuficiente, excesso de carga, falta de armadura ou armadura disposta de forma incorreta.

- Torção:

Ocorre principalmente em vigas com flechas excessivas e que se apoiam em outras vigas, causando uma rotação nesta última. Quando uma peça está submetida a um esforço de rotação em torno de sua seção transversal diz-se que esta está sofrendo uma torção.

- Perda de aderência:

A perda de aderência das barras pode causar fissuras ao longo da barra, além de fissuras similares às que ocorrem no caso de flexão.

- Cargas concentradas:

A atuação de cargas concentrada pode produzir fissurações de componentes estruturais, tais como pilares, vigas e paredes. Essas cargas concentradas podem ser originadas de uma má utilização do edifício, ou de erros no cálculo estrutural ou na execução da obra. Essas fissuras decorrentes de cargas concentradas são geralmente no sentido desse carregamento.

A contração plástica caracteriza-se pela eliminação de água pelo fenômeno de exsudação ("suor do concreto"), que ocorre pouco antes do início da

"pega" ou seu endurecimento. Fatores como exposição do material ao calor excessivo, ventos fortes, baixa umidade relativa do ar, entre outras situações podem ocasionar o fenômeno. Para esses casos, a correta adição de sílica ativa é capaz de diminuir o transtorno, pois reduz a evaporação de água no concreto e, conseqüentemente, diminui as chances de ocorrência.

Assentamento do concreto / perda de aderência, as fissuras formadas pelo assentamento do concreto acompanham o desenvolvimento das armaduras, e provocam a criação do chamado efeito de parede, ou de sombra, que consiste na formação de um vazio por baixo da barra, que reduz a aderência desta ao concreto. Se o agrupamento de barra for muito grande, as fissuras poderão interagir entre si, gerando situações mais graves, como a de perda total de aderência.

Movimentação de escoramento e/ou fôrmas, a retirada prematura das fôrmas e escoramentos, resulta em deformações indesejáveis na estrutura e, em muitos casos, em acentuada fissuração. A remoção incorreta dos escoramentos (especialmente em balanços, caso em que as escoras devem ser sempre retiradas da ponta do balanço para o engaste), o que provoca o surgimento de trincas nas peças, como consequência da imposição de comportamento estático não previsto em projeto.

A deficiência de execução, é de extrema importância que se tenha durante, toda a fase de execução da obra, o acompanhamento de um engenheiro tecnologista e se preste total obediência as normas, pois a falha humana na construção é a maior de todas as causas em termos do quadro patológico. Outro fator é a má interpretação de projeto.

Reações expansivas, a reação álcalis-agregado, pode dar origem a fissuração devida à formação de um gel expansivo dentro da massa de concreto. Esta reação se desenvolve lentamente, podendo mesmo levar vários anos para surgir, sendo o sintoma mais aparente da fissuração desordenada nas superfícies expostas. Este quadro não costuma manifestar-se antes de um ano após a concretagem.

Corrosão das armaduras cobrimento de concreto insuficiente, ou de má qualidade, facilita a implantação de processos de deterioração tal como a corrosão das armaduras, ao propiciar acesso mais direto dos agentes agressivos externos.

Recalques diferenciais toda edificação, durante a obra ou mesmo após a sua conclusão, por um determinado período de tempo, está sujeito a deslocamentos verticais, lentos, até que o equilíbrio entre o carregamento aplicado e o solo seja atingido. Em projetos mal concebidos, com erros de cálculo nas fundações, ocorrem recalques diferencial entre os vários apoios, causando a abertura de trincas nas alvenarias e na estrutura. O recalque diferencial ocorre quando a diferença de recalque entre dois pontos de fundação, podendo causar esforços internos na estrutura, além do próprio desaprumo da edificação.

Variação de temperatura uma situação típica a que se dá nas coberturas, em particular as horizontais, muito mais expostas aos gradientes térmicos naturais do que as peças verticais da estrutura, gerando, em consequência, movimentos diferenciados entre elementos verticais e horizontais que, normalmente, resultam em fissuração.

Utilização inadequada de aditivos a utilização inadequada de aditivos pode alterar as características do concreto, em particular as relacionadas com resistência e durabilidade. A dosagem dos aditivos é essencial para garantir a qualidade do concreto, pois uma mistura incorreta pode comprometer a estrutura molecular do material.

Dosagem inadequada do concreto as possibilidades de erro na dosagem do concreto podem variar dependendo dos seguintes fatores: erro no cálculo, utilização incorreta de agregados e cimento e fator água e cimento.

Relação água/cimento, o cimento necessita de água para promover sua hidratação. A quantidade mínima de água para a hidratação do cimento é por volta de 25% a 30% do seu peso, ou fator água e cimento = 0,25 a 0,30. Com esta pequena quantidade de água, o concreto não se torna trabalhável. Quando

aumentamos a relação água e cimento, para valores em torno de 0,55 a 0,65, tornamos o concreto mais trabalhável. No entanto, tornamos os mesmos mais porosos e permeáveis devido a evaporação da água excedente. O excesso de água, também provoca maior retração volumétrica do concreto, gerando trincas de retração.

FCK, no projeto de estruturas de concreto o engenheiro estrutural especifica a resistência característica do concreto à compressão aos 28 dias, o fck e o toma como parâmetro básico no cálculo dos elementos estruturais (vigas, lajes, pilares e etc.). Para a estrutura atender os requisitos de segurança e durabilidade, o concreto dessa estrutura deve ter a resistência fck especificada pelo engenheiro projetista. No Brasil a resistência à compressão dos concretos é avaliada por meio de corpos de prova, cilíndricos com dimensões de 15 cm de diâmetro por 30 cm de altura, moldados conforme a NBR 5738.

Deficiência nas armaduras

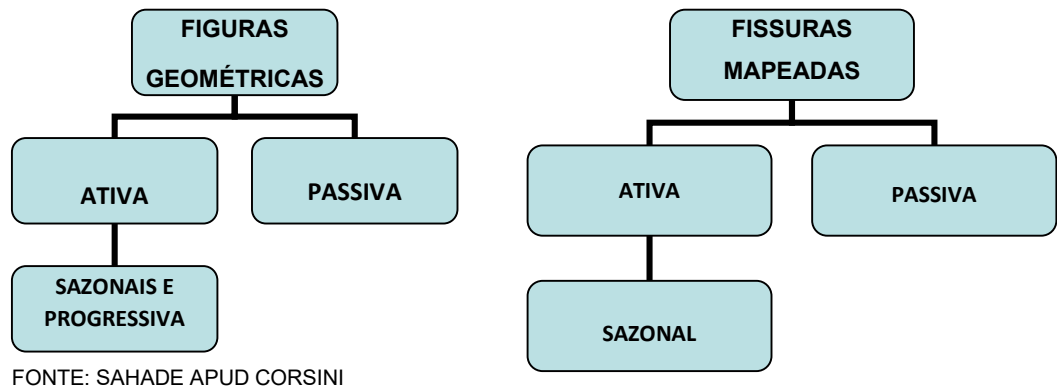
- As falhas construtivas mais comuns relacionadas diretamente as deficiências nas armaduras são:
- Má interpretação dos elementos de projeto o que, em geral, implica na inversão do posicionamento de algumas armaduras ou na troca de uma peça por outra
- Insuficiência de armaduras, como consequência de irresponsabilidade, dolo ou incompetência, com implicação direta na diminuição da capacidade resistente da peça estrutural.
- Mau posicionamento das armaduras, que se pode traduzir na não observância do correto espaçamento das barras, ou no deslocamento das barras de suas posições originais, isso ocorre pelo trânsito por cima da malha de aço, durante a concretagem, particularmente nas armaduras negativas.

- Dobramento das barras sem atendimento aos dispositivos regulamentares, fazendo com que o aço venha a "morder" o concreto, fazendo com que as tenções de tração produzam no concreto o esforço denominado "fendilhamento"
- Deficiência nos sistemas de ancoragem (termo utilizado para indicar a fixação de uma barra ao concreto de modo que a força que nela atua seja transferida em sua extremidade para o concreto). A utilização indevida de ganchos, só vem introduzir estados de sobretenção. Outra situação falha é em relação ao correto comprimento da ancoragem, necessário para a redução, ao mínimo, dos esforços transferidos ao concreto. Em ambos os casos será o surgimento de fissuras que, algumas vezes poderá trazer consequências bastante graves.
 - Deficiência nos sistemas de emenda, podem surgir também como resultado da excessiva concentração de barras emendadas em uma mesma seção, e por utilização incorreta de métodos de emenda.
- Má utilização de anticorrosivos nas barras da armadura, para diminuir a possibilidade do ataque da corrosão, mas reduzem a aderência das barras ao concreto.

2.3 CLASSIFICAÇÃO DAS ANOMALIAS

Toda trinca, rachadura, fenda ou brecha já foi uma fissura. Tudo inicia com minúsculas fissuras, onde as mesmas podem ser ativas ou passivas. (SAHADE, 2010) Conforme apresentado abaixo:

Figura 2. Classificação das fissuras em alvenarias



Quanto a sua espessura podem ser classificadas conforme tabela abaixo:

Tabela1. Espessuras das anomalias

NOME	CLASSIFICAÇÃO
Fissura	Até 0,5mm
Trinca	De 0,5 à 1,5mm
Rachadura	De 1,5 à 5,0mm
Fenda	De 5,0 à 10,0 mm
Brecha	Acima de 10,0mm

3.0 METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado em uma pousada localizada na Taiba - Ce. A mesma possui 11 anos de construção e apresenta fissuras na sua edificação. (conforme figura 3)

Figura 3. Fachada decorativa sob a viga o qual foi realizado o estudo. (fachada antes da recuperação)



Fonte: Próprio autor.

3.1 Identificação do problema

A edificação sinalizou problema patológico através de pequena fissura na alvenaria em uma varanda, mais precisamente no apartamento nº 07, (conforme figura 4) do pavimento superior do prédio, com o passar do tempo foi observado pelo o olhar do proprietário que a fissura aumentou em tamanho e espessura, passando a apresentar nas duas paredes laterais e formar um ângulo de 45° ao mesmo tempo.

A prefeitura do município iniciou a construção do asfalto o qual houve muitas escavações para instalações e passagem de tubulação com finalidade para escoamento de águas pluviais e ocorreu muitas vibrações devido aos maquinários em uso, sendo que ao decorrer da obra o prédio passou a fissurar em todos os apartamentos, apresentando inúmeras fissuras e rachaduras e as mesmas adentraram saindo do ponto inicial que era as varandas e começaram a percorrer em linhas horizontais e verticais pra dentro dos quartos. Isso deixou o proprietário muito intrigado e preocupado ao ponto do mesmo interditar o uso da pousada e procurar os profissionais competentes para analisar o caso e ver as possíveis soluções.

Figura 4. Varanda do apartamento de número 07.



Fonte: Próprio autor

3.2 Aditivos utilizados

Produto 1: Armatec: Argamassa cimentícia, polimérica com inibidor de corrosão, pré-dosada. Propõe-se usar Argamassa cimentícia, polimérica com inibidor de corrosão, pré-dosada, composta por bicomponentes, inibidora de corrosão, destinada à proteção de armaduras na região dos reparos localizados no concreto.

Pré-tratamento da aplicação: As armações do aço devem estar limpas, isentas de ferrugem, óleos, pinturas, graxas, nata de cimento e outras incrustações. Deve-se limpar as armaduras e extrair todo o produto de corrosão por lixamento mecânico ou jato abrasivo.

APLICAÇÃO: Uma vez realizada a perfeita mistura da argamassa, deve-se aplicar com pincel ou trincha de pêlos médios, até obter a espessura aproximada de 0,5 mm. A segunda demão deverá ser aplicada 2 ou 3 horas após a primeira demão. A espessura final da película, estimada para duas demãos, é de 1 mm.

Produto 02: BIANCO é uma resina sintética, de alto desempenho, que proporciona excelente aderência das argamassas aos mais diversos substratos. Confere maior plasticidade, melhora a impermeabilidade e evita a retração das argamassas. Pode

ser usado em áreas externas e internas ou sujeitas à umidade. As propriedades e características desse produto conta com uma densidade 1,02 g/cm³, aparência branco(a) e composição básica copolímero vinílico.

APLICAÇÃO: Chapisco e ponte de aderência: traço indicado: 1 parte cimento Portland:3 partes areia média (1:3). Amolentar com solução BIANCO: água na proporção de 1 parte de BIANCO : 2 partes de água * Não é recomendado o uso de cimento de pega lenta (CP III e IV). 1 parte cimento Portland:3 partes arena media (1:3). Chapisco em paredes: aplicar com colher de pedreiro ou com equipamento de projeção. O chapisco pode ser feito também na forma de pintura (BIANCO ROLADO) em áreas internas, utilizando-se rolo para textura intensa e, preferencialmente, areia grossa. Ponte de aderência em pisos: aplicar o composto adesivo com vassourão e, simultaneamente, a argamassa de regularização. Reparos/Assentamentos/Revestimentos: fazer os reparos com espessura máxima de 0,5 cm, sem aplicação do composto adesivo. Aplicar com colher de pedreiro e fazer o acabamento com desempenadeira de feltro. Misturar cimento comum ou cimento branco para obter várias tonalidades. Traço indicado: 1 parte cimento Portland: 3 partes areia média seca e peneirada (1:3). Amolentar com solução BIANCO na proporção de 1 parte de BIANCO : 2 partes de água. Rejuntamento: BIANCO pode ser utilizado em rejuntas fornecidos prontos para uso, entretanto, por ser um adesivo, a limpeza do rejunte deve ser o quanto antes, entre 15 a 30 minutos após o serviço. Utilizar a solução BIANCO: água, na proporção de 1 parte de BIANCO : 2 partes de água, para amolentar o rejunte. Estocagem: BIANCO pode ser utilizado para executar estocagem em estruturas de concreto, podendo-se misturar cimento comum com cimento branco para obter várias tonalidades de acabamento. Utilizar a solução BIANCO: água, na proporção de 1 parte de BIANCO : 2 partes de água, para amolentar a calda. Pinturas: a pintura com BIANCO é mais impermeável e durável. É ideal para caiações, pinturas com cimento branco ou cimento comum e com tinta mineral como o produto CIMENTOL. Utilizar a solução BIANCO: água, na proporção de 1 parte de BIANCO : 3 partes de água, para amolentar. Plastificante e retardador para gesso: BIANCO pode ser utilizado como plastificante e retardador para revestimento de gesso. Utilizar a solução BIANCO: água (1:2) para amolentar o revestimento de gesso.

Produto 03: Graute: O graute é um tipo de concreto ou argamassa de alta resistência utilizado para preencher vazios de concretagem, também conhecidos como bicheiras. Seu grande diferencial é a consistência fluida, que dispensa o adensamento com vibrador. Ele é pré-dosado composto de cimento Portland, areia de quartzo de granulometria selecionada e aditivos especiais convenientemente dosados. É fornecido pronto para o uso, bastando a adição de água na proporção recomendada para se obter a consistência e resistência mecânica indicada.

CARACTERÍSTICAS / VANTAGENS: Por sua excelente aderência e trabalhabilidade mantida durante um período de 30 minutos (a 20°C) após a adição de água ao produto. Nesse material, não contém adições de cloretos, sendo excelente a sua resistência à carbonatação. Possui elevadas resistências à compressão, com rápida desforma e liberação, sendo ainda a sua consistência fluida, devendo ser aplicado em espaços confinados, levando em consideração seu uso através do seu alto desempenho.

APLICAÇÃO: Adicionar primeiro no misturador 2 L de água de amassamento e os 25 kg do produto, misturando por 2 minutos e, em seguida, adicionar o restante da água 1L. Misturar por mais 3 minutos, até o **graute** apresentar aspecto uniforme e homogêneo.

Resistência a compressão:

24 horas	3 dias	7 dias	28 dias
26 Mpa	35 MPa	42 MPa	50 Mpa

Produto 04: Sikatop 107 Revestimento impermeabilizante bicomponente semi-flexível. É um revestimento, semi-flexível, impermeabilizante e protetor, bicomponente, à base de cimento, areias selecionadas e resina acrílica para uso em concreto, argamassa ou alvenaria com excelente aderência e impermeabilidade. Ele é fornecido pronto para o uso, bastando misturar os componentes A (líquido) e B (pó).

Por esta razão a norma ABNT NBR 16.280 de gestão de reforma, recomenda responsabilidade técnica em reformas em áreas impermeabilizadas. Em uma edificação, a impermeabilização pode ser feita em paredes, pisos, caixas d'água, fundações e etc., e tem por objetivo garantir a estanqueidade, impedindo que líquidos, fluidos e vapores passem pela estrutura. A impermeabilização de pisos é feita em áreas externas que podem ter contato com a água da chuva, como telhados, coberturas e terraços. Outros locais em que se constata maior incidência de infiltrações nos edifícios começam pelas lajes de cobertura, notadamente nas garagens, fachadas, terraços e nas áreas de serviço dos apartamentos, que precisam de constantes vistorias para antecipar os problemas e reduzir os custos de reparos. As calhas e os condutores de águas pluviais são também o alvo preferido das infiltrações, devendo ser limpas periodicamente, evitando o acúmulo de folhas e detritos que possam causar problemas futuros.

CARACTERÍSTICAS / VANTAGENS:

Ele é de fácil aplicação, podendo ser aplicado como pintura, tendo uma excelente impermeabilidade e alta aderência em substratos cimentícios e alvenaria. Não devendo ser utilizado com finalidade estética. Reduz o processo de carbonatação por formação de barreira, não sendo corrosivo, tóxico ou inflamável. Pronto para o uso, bastando homogeneizar os dois componentes. Resistente a pressões hidrostáticas positivas e negativas, ideal como revestimento final em reservatórios, facilitando as inspeções periódicas.

APLICAÇÃO: Pode ser aplicado sobre concreto, argamassa e alvenaria para impermeabilização de:

- ✓ Caixas d'água e reservatórios, piscinas, poços de elevadores, tanques e cisternas;
- ✓ Umidade de rodapé, paredes internas de construções;
- ✓ Para evitar a entrada de umidade em subsolos, baldrame e galerias de águas;
- ✓ Pisos e paredes de "áreas frias";
- ✓ Banheiros, lavanderias, cozinhas e paredes etc.;

Umedecer com água a superfície antes da aplicação da primeira demão, tomando cuidado para não saturar a mesma (não umedecer as outras demãos). Aplicar com vassoura de pêlos macios, trincha, pincel ou broxa, com consumo aproximado de 1kg de massa fresca por metro quadrado de área (1kg/m²) por demão. Aplicar de 2 a 4 demãos cruzadas do produto, de acordo com o serviço a ser realizado. A segunda demão deve ser aplicada após a primeira ter endurecido ou secagem ao toque (3 a 6 horas, dependendo das condições locais de temperatura e umidade).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnostico (causa ou efeito)

É muito importante saber de onde surgiu a patologia para assim saber quais medidas de recuperação seguir, pois uma patologia pode causar muitas outras. Como é o caso da corrosão da armadura, quando o aço começa o seu processo de corrosão ele vai expandir causando fissuras e possíveis deslocamentos de concreto, o que ocasiona tensões de tração no cobrimento do concreto (SACHS 2015).

O primeiro profissional a ser consultado foi um engenheiro, o qual orientou ao proprietário procurar um engenheiro especialista em patologias, pois somente ele poderia diagnosticar a problemática.

O profissional foi contratado para uma visita técnica, onde após visualizar todas as fissuras nos 16 apartamentos, o primeiro passo foi escarear a argamassa nas fissuras até o bloco de tijolo em uma das laterais da varanda, (conforme figura 5) para verificar se havia falta de argamassa nas juntas da alvenaria, ou passagem de alguma tubulação, já que em todas as varandas apresentavam fissuras e rachaduras com um ângulo de 45°, onde esses, são fatores que podem ocasionar o aparecimento de fissuras.

Foi verificado todas as estruturas em concreto armado, (pilares, vigas, laje e fundações) conforme figura 6. E não foi encontrado nenhuma rachadura em relação as tensões de cisalhamento, torção e nem recalque.

Figura 5. Verificação de falta de argamassa entre as juntas dos blocos do apartamento 06.

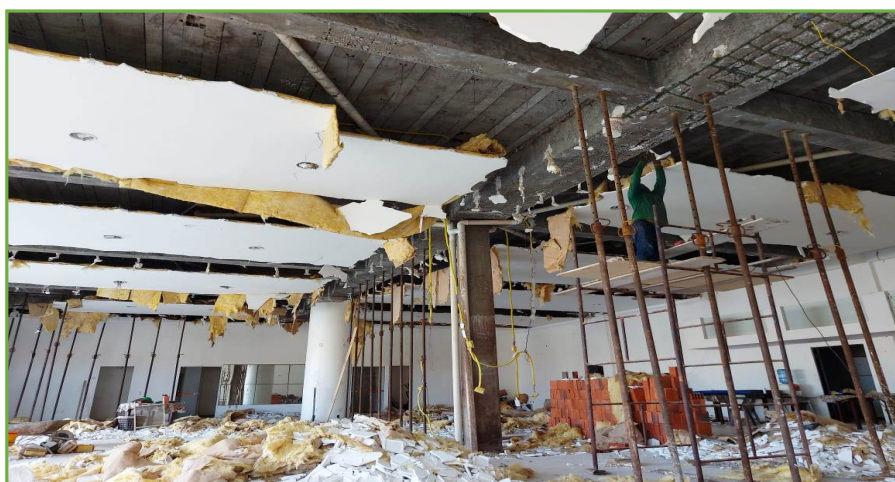


Fonte: Próprio autor

Para visualizar as vigas e lajes, foi necessário quebrar todo o forro de gesso do salão de eventos, onde o mesmo não permitia a visualização dos engastes das vigas com os pilares nível sem a realização desse feito, conforme Figura 6. Foi observado também que não apresentava nenhuma força de tenção referente a cisalhamento e torção. Após o descarte dessa hipótese, foi detectado inúmeras patologias como: corrosão do concreto e nas armaduras dessa viga, já com perda de área da sessão longitudinal do aço, onde a mesma exerce a força de tração.

Foi realizado a verificação de nível em todas as vigas, e encontramos flexão por falta de contra flecha e perda de aderência. por conta das inúmeras fissuras.

Figura 6. Verificação de outras patologias nas vigas transversal e longitudinal que contribuíram em toda as fissuras e rachaduras da edificação, e verificação de recalque nos 2 pilares central.



Fonte: Próprio autor

A causa foi devido a construção de uma faixa decorativa de argamassa com 5 cm de espessura na área externa do prédio, cuja localização fica sob a viga e não houve a utilização de impermeabilizante adequado, (conforme figura 3) permitindo a preservação da vida útil dessa estrutura, levando em conta que a

edificação foi realizada em uma área de praia, cujo o processo construtivo e projetos devem atender as normas técnicas da ABNT NBR 9575:2010.

A falta da impermeabilização nessa viga foi o início da causa, que junto com outras patologias detectada em todo o prédio, formou um conjunto de causas e efeitos que ao longo do tempo vinham acontecendo silenciosamente, e que a obra da prefeitura citada só antecipou e agravou o aparecimento de todas as patologias.

Automaticamente foi descartada a responsabilidade da prefeitura de todo e qualquer ação judicial que por ventura o proprietário queira mover contra a mesma. Como esse estudo de caso trata-se somente a uma viga, conforme proposto, e que já foi relatado o início da causa, será dada sequência aos efeitos que levaram a mesma a apresentar uma serie de patologias chegando ao ponto de comprometer toda edificação.

Uma delas foi a dilatação na argamassa, devido as variações térmicas (sol e chuva), apresentando fissuras o qual permitiu a entrada de agentes contaminantes como: maresia, águas de chuvas, CO₂ que ao longo do tempo infiltraram e percolaram, chegando a corroer parte do concreto e atingir o aço, ocasionando perda de área da sessão das barras de aço longitudinal com um percentual de 35% , portanto, não houve necessidade de trocas de barras de aço, somente a recuperação, mais com a presença de alguns estribos comprometidos, por já estarem totalmente oxidados e na maioria quebrados e outros já nem existia mais, as armaduras ficaram comprometidas ao ponto de perder em parte a sua função estrutural com relação as tensões à tração, ocasionando perda de aderência entre a viga e a laje, chegando a atingir uma flexão de 5 cm. Conforme Figura 7.

Figura 7. Corrosão do concreto e do aço viga em estudo



Fonte: Próprio autor

Outra patologia encontrada foi a presença de bicheiras¹ por falta de adensamento devido à má utilização do vibrador, (conforme figura 8), outro fator impressionante apresentado foi que 6 m dessa viga não foi concretado totalmente conforme projeto, e que 20 cm foi preenchida com argamassa, assim o processo de corrosão foi mais rápido, a partir do momento em que o concreto foi substituído por argamassa, ocasionando a perda da função o qual o concreto age em relação a compressão e contribuindo a perda de aderência entre a viga e a laje, além disso não foi obedecido e executado a construção da viga conforme projeto, pois a mesma era pra estar com 60 cm e foi feita com 50 cm em relação a sua altura .

Figura 8. Presença de bicheiras por falta de adensamento



Fonte: Próprio autor

Outras patologias foram apontadas que contribuíram para com o aparecimento e rapidez de todas as fissuras e rachaduras em todos os apartamentos. A maioria das vigas transversais e principalmente a viga central longitudinal onde concentra a maior carga não foi dado contra flecha, (conforme figura 6) como também foi encontrado de forma pontual bicheiras nos levando à uma discursão em relação ao cobrimento solicitado em projeto.

Foi adotado um cobrimento de 2,0 cm para as vigas e 2,5 cm para os pilares, mas conforme a norma ABNT 6118 era pra ser adotado 4,0 cm por se tratar de uma edificação em uma área litorânea onde na tabela consta como grau III e de nível forte em relação a preservação das estruturas, mais mesmo com esse erro de projeto foi constatado que nesse momento não implica na causa, mais que com o tempo e os efeitos ocorreria outras patologias nas estruturas de concreto armado se a construção fosse executada de acordo com o projeto, obedecido e não apresentasse tantas falhas construtivas, não haveria tão precocemente o aparecimento de tantas patologias.

A ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de Estruturas de Concreto estabelece cobrimentos mínimos para vigas, pilares e lajes. Os valores, que servem de referência para os projetistas, levam em conta quatro classes de agressividade ambiental ao qual as estruturas serão submetidas ao longo de sua vida útil e que variam de I (rural, o menos problemático), II (urbano), III (marinho ou industrial) e IV (polos industriais, os mais agressivos). Isso significa que duas lajes idênticas de concreto armado deverão ter cobrimento diferente em função do grau de exposição a intempéries. Enquanto a laje exposta a um ambiente rural pode ter cobrimento nominal de 20 mm, a mesma laje em uma construção sujeita a respingos de maré deverá ter cobrimento nominal de, pelo menos, 45 mm.

Conforme as geometrias das fissuras nas alvenarias indicavam que o prédio estava em processo de colapso convergendo pro centro, já que os dezesseis apartamentos são divididos em oito pro leste e os outros oito pro oeste e sob dois pilares de sustentação ao centro levando a primeira hipótese de ser um recalque diferencial, (conforme figura 6), por isso foi orientado a verificação das fundações dos dois pilares central, onde há a maior concentração de cargas.

Relatório do diagnóstico causa e efeitos da viga em estudo

As causas diagnósticadas na viga foi por má execução durante o processo construtivo, onde substituíram 15 cm de concreto por argamassa na fase de concretagem da viga, falta de impermeabilização na faixa decorativa da parte externa onde a viga se encontra e falta de contra flecha. Foi detectado de forma pontual a presença de bicheiras

Os efeitos por conta das causas diagnosticadas foram aparecimentos de fissuras na faixa decorativa permitindo que os agentes contaminantes se infiltrassem e percolaram até a viga, chegando até o concreto e o aço, causando erosão do concreto, oxidação e perda de área da seção do aço. A falta de contra flecha somada com parte do concreto substituído por argamassa, houve danos irreparáveis e de forma precoce, pois ocorreu uma flexão na viga com perda nas tensões de tração ocasionando perda de aderência. O aparecimento de bicheiras foi devido a falta de adensamento. Com a conclusão do diagnóstico foram iniciadas as obras de recuperação estrutural da viga.

4.2 Soluções

A partir do diagnóstico foi contratado uma empresa especializada em restauração e recuperação estrutural em concreto armado, com experiência a mais de 20 anos atuando no mercado em todo o Brasil e com o acompanhamento de um engenheiro capacitado para dar início a obra especificamente aos pontos onde apresentava maior risco de desabamento.

Como as fissuras sinalizavam um problema de recalque diferenciado e já descartado aparecimento de fissuras, rachaduras, torção e cisalhamento nas vigas e pilares foi necessário verificar as fundações dos dois pilares central, (conforme figura 6), onde se concentra a maior parte da carga do pavimento superior, após todo o processo de demolição e escavação até as bases de sustentação cuja a construção trata-se de sapatas isoladas não foi encontrado nenhuma ação que indicasse recalque, o qual nos deu mais tranquilidade para iniciarmos todas as restaurações conforme proposto em contrato.

Como parte desse contrato de recuperação estrutural inclui a nossa viga em estudo que iniciou com a quebra do concreto na parte inferior e nas áreas onde apresentava aparência do aço já em processo de erosão, oxidação e com perda de área da seção do aço de 35 % permitindo a restauração não havendo necessidade de substituição do aço.

Iniciamos usando a furadeira de impacto pra retirada de parte do concreto na camada superficial, quando atingimos perdo do aço usamos o pontilheto e

marreta, (conforme figura 9) para quebra e reirada do resto do concreto até o aço oxidado, e não danificar o aço, deixando a ferragem comprometida toda aparente permitindo o lixamento mecânico, limpeza das armaduras, pois não pode deixar nenhum resíduo, (conforme figura 10) para iniciar a aplicação do produto anticorrosivo que tem que ser aplicado em duas demão, respeitando o tempo de 2 à 3 horas por demão e alcançar uma camada de 1 mm de produto aplicado, (conforme figura 11).

Figura 9. Escareação do concreto



Fonte: Próprio autor

Figura 10. Pós escareação do concreto



Fonte: Próprio autor

Figura 11. Aço com produto aplicado



Fonte: Próprio autor

O segundo passo foi a recuperação da viga de forma manual pois a localização da mesma não dava condições de colocar forma por isso todo processo construtivo foi executado em duas etapas sendo na parte interna e externa do prédio. Na parte interna usamos uma resina sintética, de alto desempenho, que proporciona excelente aderência das argamassas aos mais diversos substratos. Confere maior plasticidade, melhora a impermeabilidade e evita a retração das argamassas. Traço indicado: 1 parte cimento Portland: 3 partes areia média seca e peneirada (1:3). Amolentar com solução BIANCO na proporção de 1 parte de BIANCO : 2 partes de água.

Figura 12. Viga restaurada, parte interna



Fonte: Próprio autor

O terceiro passo após a restauração da viga, (conforme figura 12) foi

concretar com o graute. O graute é um tipo de concreto ou argamassa de alta resistência utilizado para preencher vazios de concretagem, também conhecidos como bicheiras. Seu grande diferencial é a consistência fluida, que dispensa o adensamento com vibrador. Ele é pré-dosado composto de cimento Portland, areia de quartzo de granulometria selecionada e aditivos especiais convenientemente. Adicionar primeiro no misturador 2 L de água de amassamento e os 25 kg do produto, misturando por 2 minutos e, em seguida, adicionar o restante da água 1L. Misturar por mais 3 minutos, até o **graute** apresentar aspecto uniforme e homogêneo. Foi executado a cada dois metros com o suporte de uma tábua pregada diretamente na viga e o seu preparo é feito em pequenas quantidades devido a sua fluidez e pega rápida, a aplicação, foi feito com dois furos um no início da parte superior e o outro no final da parte inferior, pois ao iniciarmos a aplicação do graute, temos que deixar o produto percolar preenchendo todos os vazios até o mesmo sair no furo na parte inferior e respeitar o tempo de cura. que foi de três dias para atingirmos a resistência a compressão de 35 MPA.(conforme figura 13)

Figura 13. Aplicação do graute



Fonte: Próprio auto

O quarto passo foi a impermeabilização antes da aplicação da argamassa, (conforme figura 14). utilizamos o sikatop 107, aplicado com uma brocha, em duas demãos uma horizontal e outra vertical respeitando o tempo de secagem para cada demão que foi de três horas.

Figura 14. Aplicação de impermeabilizante



Fonte: Próprio autor

O quinto passo foi o reboco cuja o produto utilizado foi também o bianco . Traço indicado: 1 parte cimento Portland: 3 partes areia média seca e peneirada (1:3). Amolentar com solução BIANCO na proporção de 1 parte de BIANCO : 2 partes de água. (conforme figura 15)

O sexto passo foi impermeabilizar a viga novamente seguindo todas as normas de aplicação do produto sikatop 107, conforme descrito acima, e assim finalizar a recuperação estrutural da viga em estudo para que a vida útil dessa estrutura tenha durabilidade.

Figura 15. Viga restaurada na parte externa da pousada



Fonte: Próprio autor

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi com muito êxito que conseguimos realizar e finalizar toda recuperação estrutural da viga de concreto armado na pousada, identificando os problemas, assim como concluímos o diagnóstico das causas e efeitos e finalizando com as soluções aplicadas em práticas, de forma responsável acompanhado por um engenheiro capacitado e uma equipe especializada e responsável, seguindo as normas da ABNT e principalmente executando todo o processo construtivo da recuperação estrutural sem pular nenhuma etapa, fazendo o um bom uso dos materiais específicos aplicados, mas principalmente respeitando o tempo de cura desses produtos e seus tratamentos de forma correta.

REFERÊNCIAS

CAPELLO, A. et al. Patologia das fundações. 2010. 115f. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) - Faculdade Anhanguera de Jundiaí, Jundiaí, 2010. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/54137409/PATOLOGIA-DE-FUNDACOES-TCC>>. Acesso em: 14 mar. 2021.

CORSINI, R. Trinca ou fissura?. São Paulo: Técnica. 160, p., jul. de 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 06 mar. 2021.

NBR 15575. Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

NBR 6118. Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

NBR 9575. Impermeabilização – Seleção e projeto –. Rio de Janeiro, 2010.

NBR 5738. Resistência a compressão - Corpo de prova.

NAZARIO, Daniel; ZANCAN, Evelise C. Manifestações das patologias construtivas nas edificações públicas da rede municipal e Criciúma: Inspeção dos sete postos de saúde. 2011. 16f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Civil) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Santa Catarina, 2011. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/151/1/Daniel%20Nazario.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2021.

SACHS, A. Tratamento intensivo. São Paulo: Técnica. 220, p. 40-44, julho de 2015.

OLIVEIRA, Alexandre Magno. Fissuras e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações. 2012. 96f. Monografia (Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2012.