

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

PATOLOGIAS EM OBRAS DE ARTE

DIEGO MAIA DA SILVA

LUCAS DE OLIVEIRA SILVA

MAYCON DAS NEVES OLIVEIRA

PATRICK PEREIRA DE ALMEIDA

VOLTA REDONDA/RJ

2018

**FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

PATOLOGIAS EM OBRAS DE ARTE

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do UNIFOA como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Alunos:

DIEGO MAIA DA SILVA

LUCAS DE OLIVEIRA SILVA

MAYCON DAS NEVES OLIVEIRA

PATRICK PEREIRA DE ALMEIDA

Orientador:

Prof. M.Sc. Sergio Luiz Taranto de Reis

Co-orientador:

Prof. Me. José Marcos Rodrigues Filho

VOLTA REDONDA/RJ

2018

FUNDAÇÃO OSWALDO ARANHA
CENTRO UNIVERSITÁRIO DE VOLTA REDONDA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

FOLHA DE APROVAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Alunos:

Diego Maia da Silva

Lucas de Oliveira Silva

Maycon das Neves Oliveira

Patrick Pereira de Almeida

Título da Monografia:

PATOLOGIAS EM OBRAS DE ARTE

Orientador (a):

Prof. M.Sc. Sergio Luiz Taranto de Reis

Co-orientador (a):

Prof. Me. José Marcos Rodrigues Filho

Banca Examinadora:

Professor orientador

Prof.

Primeiro examinador

Prof.

Segundo examinador

À Deus, que nos concedeu força e
iluminou o nosso caminho ao longo
desta jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos nossos pais por acreditarem no nosso potencial, pelo amor, compreensão, incentivo e apoio que foram fundamentais nossa chegada até aqui. E aos demais familiares que torceram por nós.

Agradecemos a qualidade de ensino ministrada pelo Curso de Engenharia Civil, situado no Centro Universitário de Volta Redonda. O qual conta com profissionais excelentes e orientadores atenciosos.

Agradecemos aos nossos campos de estágio, onde pudemos ter a oportunidade de adquirir conhecimentos com diversos profissionais e por todos os aprendizados que os mesmos nos ofertaram a cada execução de atividades e em cada orientação necessária.

Agradecemos aos nossos amigos e as nossas namoradas, por toda paciência, amor, pelo apoio e troca de conhecimentos que compartilhávamos.

Agradecemos a Deus, por ter colocado todas essas pessoas em nosso caminho.

Muito obrigado!

RESUMO

As patologias em Obras de Arte ainda sofrem pela pouca importância dada ao tema. Essa motivação gerou o presente trabalho que tem como objetivo identificar e analisar as diversas patologias que ocorrem nas estruturas de concreto armado em geral. Com a diretriz de uma Obra de Arte como estudo de caso real, foram estudadas patologias específicas desta estrutura, que através de fotografias e embasamento teórico pôde ser melhor interpretado para que possíveis soluções fossem implantadas a fim da preservação estrutural, assim evitando a ocorrência de novas patologias. Tomou-se como objeto de análise o Viaduto Nossa Senhora das Graças, localizado em Volta Redonda/RJ, pelo fato de que representa grande apreço social e econômico para os comerciantes e moradores do bairro. Reconhecendo como objetivo geral uma análise e apresentação das patologias presentes em estruturas de grande porte. A análise do viaduto em questão demonstrou que a falta de manutenção acarretou às patologias lixiviação, carbonatação, assoreamento do sistema de drenagem, juntas de dilatação gastas e armadura exposta propensa a corrosão, e que essas patologias não acarretam problemas estruturais graves, sendo de fácil solução tais como o cobrimento adequado da armadura pelo concreto, a troca de juntas de dilatação e a restauração do asfalto defeituoso, o que não acontece com todas as estruturas, que por negligência de órgãos fiscalizadores ou até mesmo falta de recursos ou atenção, acabam em colapso.

Palavras-chave: Patologia; Obras de Arte; Viaduto.

ABSTRACT

The pathologies in “Pieces of Art” still suffer because of the little importance given to the theme. This motivation generated the present work that aims to identify and analyze the several pathologies that occur in the structures of reinforced concrete in general. With the guideline of a “Piece of Art” as a real case study, specific pathologies of this structure were studied, which through photographs and theoretical basis could be better interpreted so that possible solutions were implanted in order to the structural preservation, thus avoiding the occurrence of new pathologies. The Viaduto Nossa Senhora das Graças, located in Volta Redonda / RJ, was taken as an object of analysis, due to the fact that it represents a great social and economic appreciation for the merchants and residents of the neighborhood. Recognizing as general objective an analysis and presentation of the pathologies present in large structures. An analysis of the viaduct in question has shown that the lack of maintenance has led to leaching, carbonation, silting of the drainage system, worn expansion joints and exposed corrosion-prone structures, and that these pathologies do not lead to serious structural problems. such as the adequate covering of the reinforcement by the concrete, the exchange of expansion joints and the restoration of the defective asphalt, which is not the case with all structures, which, due to negligence by inspection agencies or even lack of resources or attention, collapse.

Keywords: Pathology; Pieces of Art; Viaduct.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	
2 OBRAS DE ARTE	12
2.1 Definição	12
2.2 Pontes.....	12
2.3 Viadutos	13
2.4 Barragens.....	14
2.5 Edifícios de grande complexidade	16
3 PATOLOGIAS	18
3.1 Definição	18
3.2 Patologias gerais.....	18
3.2.1 Corrosão	18
3.2.2 Fissuração	21
3.2.3 Carbonatação	24
3.2.4 Lixiviação	25
3.2.5 Degradação do Concreto	26
3.2.6 Desagregação do Concreto	28
3.2.7 Retração do Concreto	30
3.2.8 Falhas na Concretagem.....	32
3.2.9 Recalques de fundação	34
3.3 Patologias específicas em “Obras de Arte” viárias	36
3.3.1 Execução precária da pista de rolamento	36
3.3.2 Falhas da Drenagem	38

3.3.3 Problemas nas juntas de dilatação	39
3.3.4 Influência de agentes externos	41
4 ESTUDO DE CASO: VIADUTO NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS - VOLTA REDONDA/RJ	44
4.1 História.....	44
4.2 Composição Estrutural.....	45
4.3 Patologias Encontradas	47
4.4- Possíveis Soluções.....	52
4.4.1- Falhas na pista de rolamento.....	52
4.4.2- Calhas assoreadas	53
4.4.3- Juntas de dilatação.....	53
4.4.3- Calhas assoreadas	53
4.4.4- Lixiviação e Carbonatação.....	53
5 CONCLUSÃO	55
6 REFERÊNCIAS.....	57

1 INTRODUÇÃO

O estudo de patologias nas estruturas é essencial para se manter a durabilidade e integridade das mesmas. Com a situação financeira delicada em todo o país, tanto o Estado como as empresas privadas procuram cada vez mais revitalizar construções a iniciar novos empreendimentos, ou demolir os já existentes.

Cada vez mais procura-se meios para aumentar o desempenho de construções tanto em concreto como estrutura metálica, pois as mesmas estão sujeitas a fatores que contribuem para sua degradação e podendo até comprometer sua estabilidade.

No início da sociedade, as construções eram feitas com grandes coeficientes de segurança; construções robustas que não visavam a economia de insumos. Na atual fase da Construção Civil, que visa economia X segurança; com o desenvolvimento na área da resistência dos materiais e estática, estruturas esbeltas são cada vez mais utilizadas, podendo assim, devido a uma série de fatores externos, ou até mesmo erros de projeto, ocasionar as temidas patologias nas construções.

No Brasil, as “Obras de Arte” são consideradas patrimônios do cotidiano, pelo apreço que a sociedade agrega às mesmas. Sendo assim fica ressaltada a grande importância e relevância que deve ser dada para a prevenção das patologias.

Observa-se que, visando a economia e a conservação da estrutura dentro do ELS (Estado Limite de Serviço), ou seja, esteticamente aceitável, é mais viável o monitoramento da mesma do que reparos posteriores devido a degradação por intempéries, o que geralmente não ocorre na prática devido à imprudência dos

departamentos governamentais e a falta de fiscalização para com as empresas responsáveis pela construção e gerenciamento.

No presente trabalho, serão abordados os tipos de patologias que podem ocorrer nas chamadas “Obras de Arte”, abordando anomalias em Concreto Armado. Tomou-se como objeto de análise o Viaduto Nossa Senhora das Graças, localizado em Volta Redonda/RJ, pelo fato de que representa grande apreço social e econômico para os comerciantes e moradores do bairro. Reconhecendo como objetivo geral uma análise e apresentação das patologias presentes em estruturas de grande porte.

2 OBRAS DE ARTE

2.1 DEFINIÇÃO

Denominam-se “Obras de Arte” grandes obras de extrema responsabilidade, com perigos de grandes proporções, envolvendo equipes inter e multidisciplinares e extensas com supervisão assídua. Sendo obras únicas e envolvendo projetos elaborados e séries de testes na estrutura a ser constituída.

As pontes, os túneis, os viadutos são aquelas que principalmente se podem definir como “Obra de Arte” em Engenharia Civil. Quando se trata de execução de elementos com esta envergadura, estão subjacentes perigos e o elevado nível de responsabilidade na garantia da segurança na sua concepção, construção e utilização. (CAMPOS, CASTRO et al, 2011)

2.2 PONTES

Segundo Marchetti (2008), pontes são construções que tem por finalidade transpor cursos d’água e dar continuidade a uma via. No entanto, são encontradas diversas classificações para as mesmas. Desde seu traçado, forma e até material na qual são constituídas.

“Quanto ao material com que predominantemente são construídas, as pontes podem ser de madeira, de pedra, de concreto armado, normal ou protendido, e metálicas (geralmente de aço e, excepcionalmente, de ligas de alumínio).” (PFEIL, 1974)

No Brasil, tem-se a ponte Presidente Costa e Silva, conhecida comumente como Ponte Rio-Niterói, que é um exemplo histórico de “Obra de Arte”.

“A Ponte Presidente Costa e Silva, Ponte Rio-Niterói, obra pioneira em dimensões e importância no Brasil, representa um marco na engenharia brasileira, mais uma grande vitória da capacidade de nossa gente”. (VELLOSO, 2001)

2.3 VIADUTOS

Viadutos são definidos por sua característica principal de transpor vias, vales e obstáculos (exceto a transposição de cursos d'água), assim possibilitando o traslado contínuo de veículos, pessoas e locomotivas. (PFEIL, 1990)

Os viadutos podem ser classificados em viaduto de acesso e meia encosta.

A transposição de um rio situado em um vale muito aberto requer, às vezes, além da construção da ponte, a construção de obras de acesso que podem ser constituídas de aterros ou por viadutos que, nesses casos, se denominam viadutos de acesso (figura 1). (PFEIL, 1990)



Figura 1- Estrutura principal (ponte) e viadutos de acesso.

Fonte: PFEIL, 1990.

Ainda segundo Pfeil (1990), em estradas construídas nas encostas com grande obliquidade no sentido transversal, é comum a construção de muros de arrimo ou de viadutos que, nesses casos, são chamados de viadutos de meia encosta (figura 2).

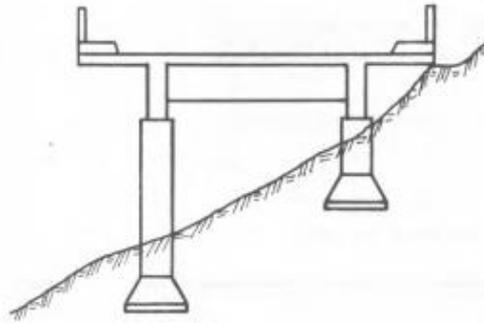


Figura 2- Viaduto a meia encosta- Estrado de largura total.

Fonte: PFEIL, 1990.

Segundo relatos de Engenheiros Civis atuantes nas redondezas, o viaduto que será apresentado como estudo de caso tinha por finalidade o tráfego de pessoas e carroças. Com o passar dos anos e o desenvolvimento tecnológico, a cidade tomou uma outra proporção, sendo necessário ampliá-lo e reforça-lo, tornando-o, indubitavelmente uma das principais vias de interligação no centro da cidade de Volta Redonda/RJ.

2.4 BARRAGENS

Ao analisar o pensamento de Filho (2008), define-se barragem como um elemento estrutural, construído transversal a depressões e vales, com o papel de elevação dos cursos de água naturais e para a formação de reservatórios de acumulação de águas. Tal estrutura é feita para atingir as necessidades de projetos com variados propósitos, podendo ser concebidas de materiais terrosos, de concreto e rochosos.

Barbosa *et al* (2013), considera que as barragens são construções gradativamente importantes e indispensáveis dentro de uma sociedade, pois,

[...] É um tipo de obra que mais influencia o meio ambiente, pois ela modifica o regime do rio, os níveis freáticos e as paisagens próximas, além de que as formações geológicas saturadas pelo represamento passam a ter comportamento diferente. (BARBOSA et al, 2013).

Sendo assim, entende-se que a partir das barragens pode-se dar as gerações de energia elétrica, atividades de lazer, turísticos como a pescaria, o abastecimento local e contenções de enchentes.

Barbosa *et al* (2013), afirma que para a construção de barragens, é necessário analisar o local e o tipo de barragem, englobando diversos aspectos como:

[...] As condições de acesso, condições de fundação, as condições topográficas, a disponibilidade de matérias de construção no local, dentre outros aspectos que interferem diretamente na escolha do tipo de barragem. (BARBOSA et al, 2013).

O autor ainda apresenta alguns exemplos de tipo de barragens, como as barragens de concreto e as barragens de terra ou enrocamento. Em relação a primeira, ainda compõe outros tipos de barragens de concreto como as de gravidade, concreto em arco e contraforte.

Barbosa *et al* (2013), classifica as barragens de concreto de gravidade como resistentes a pressão da água pelo seu próprio peso, pois são construídas por uma parede de concreto, distribuindo as tensões para o solo do leito do rio, devendo ser maciça e feita por um material de alta densidade.

Já as barragens de concreto em arco como aquelas que necessitam de um terreno com condições especializadas. O formato de arco é feito para distribuir as pressões para suas ombreiras, fazendo com que a pressão seja transferida para as margens/fundo do rio. Precisa-se de um alto nível de especialização, pois, o concreto é utilizado em menor quantidade para atingir uma mão de obra com menores custos de implantação.

E as barragens de concreto de contraforte, as que são barragens formadas de lajes impermeáveis, tendo apoio vertical no contraforte, o que se faz entender a importância de rochas com rigidez elevada em suas fundações.

Entende-se como barragens de terra:

A barragem de terra se aplica à praticamente qualquer fundação, e com a utilização de métodos modernos, pode-se fazer artifício de qualquer tipo de solo para a construção desta. A segurança proporcionada por este método é outro fator relevante. A vantagem das barragens de terra sobre as outras é que podem ser construídas sobre quase todo tipo de fundação, além disso, são relativamente baratas e não exigem pessoal muito especializado. [...] A face de montante da barragem precisa receber uma boa proteção, pois o local recebe muitas ondas que vêm do reservatório. Além disso, o nível do reservatório não é constante, sendo alto no período das chuvas e baixo durante a estiagem. A principal desvantagem das barragens de terra, é que podem ser afetadas (BARBOSA et al, 2013).

Diante dessas informações, entende-se que os Engenheiros que são contratados para construir um projeto de barragem precisam ter o compromisso de analisar o local e o tipo de material mais viável e seguro para a implementação, escolhendo assim, o tipo de barragem a ser formado. Ainda precisam aprofundar-se em detalhes como a característica das fundações, origem do solo, bacias hidrográficas, estudos geológicos, impactos ambientais e materiais naturais para a construção. Tais organizações são de fundamental importância para entendermos o impacto que a construção pode levar à população local, à preservação ambiental e à preservação do habitat natural das espécies presentes em todo o ecossistema.

2.5 EDIFÍCIOS DE GRANDE COMPLEXIDADE

Edifícios também podem ser considerados “Obras de Arte” quando possuem as características que definem o termo.

Os edifícios estão se tornando mais esbeltos, altos e de geometria complexa, cada vez exigindo mais da capacidade dos Engenheiros para seu projeto e execução, devido às intempéries provenientes de tal escala de projeto.

“Com a valorização dos terrenos nas regiões centrais, os edifícios esbeltos começaram a fazer parte da arquitetura e se multiplicaram nos últimos anos”.
(ARAUJO, 2016)

Não só o tamanho e a complexidade de projeto e execução fazem de um edifício uma “Obra de Arte”, também são denominadas assim as construções que possuem vertentes sentimentais da população.

The Empire State Building is one of the most iconic landmarks in a city full of them. The tallest building in New York City has appeared in over 90 movies, and is the key piece of the NYC Skyline. The Empire State Building is also the key piece of any New York City vacation, so visitors should look to book a hotel nearby (Site NYC Tourist)

Ou seja, o *Empire State Building* é um dos mais icônicos pontos turísticos em uma cidade cheia deles. O mais alto edifício na cidade de Nova Iorque apareceu em 90 filmes, e é a peça chave do céu de Nova Iorque. O Empire State Building é também a peça chave de quaisquer férias em Nova Iorque, então os visitantes procuram reservar hotéis por perto.

Este texto mostra que um edifício pode tornar-se fonte turística para uma cidade devido à sua particularidade, sendo ponto chave de visitas ou motivo de escolhas para férias. Estes tipos de edificações são considerados verdadeiras “Obras de Arte” pela população.

3 PATOLOGIAS

3.1 DEFINIÇÃO

Ao longo da formação acadêmica, amadurecimento intelectual e aperfeiçoamento profissional, entende-se que as manifestações patológicas são majoritariamente características externas, englobando diversos fatores como a natureza e possíveis falhas de planejamento, projeto, materiais utilizados, execução e falta de manutenção da Construção Civil, ocasionando em consequências ruins na construção e a busca intensiva para solucionar tais problemas patológicos.

Mas, o que de fato são as patologias? Segundo Oliveira (2013), pode-se conceituar o termo patologia como um estudo mais aprofundado da Engenharia, no que diz respeito ao diagnóstico dos problemas decorrentes da Construção Civil. Destacando a busca de sintomas/mecanismos, causas e origens dos defeitos ao construir certa obra, visando sua prevenção e erradicação.

3.2 PATOLOGIAS GERAIS

3.2.1 Corrosão

A água é um dos maiores vilões no que diz respeito a defeitos em estruturas.

Segundo Costa (2016) as falhas na concretagem ou o cobrimento abaixo do mínimo facilitam para o acúmulo de umidade nas peças de concreto armado, propiciando a corrosão das armaduras e gerando pontos de ferrugem em que a resistência do aço passa a ser comprometida.

A umidade em contato direto com a armadura resulta em aumento de volume, acarretando na expansão do concreto e na diminuição da espessura de cobrimento, deixando o aço à mostra e mais exposto a agentes corrosivos, acelerando o efeito de corrosão e podendo levar a estrutura a colapso.

“A parte oxidada aumenta o seu volume em cerca de aproximadamente 8 vezes e a força da expansão expelle o concreto do cobrimento, expondo totalmente a armadura à ação agressiva do meio” (VITÓRIO, 2003)

Segundo Chequer et al. (2010), o óxido de ferro resultante da corrosão provoca tensões internas que podem chegar a 40MPa, superando a tensão limite de tração que o concreto pode suportar e causando fraturas no mesmo.

Concretos de baixa qualidade e resistência possuem mais propensão a infiltração e assim sendo a armadura mais afetada pela umidade do ambiente; principalmente os utilizados em viadutos, pontes ou estruturas ao ar livre devido a intensa exposição à chuva ou acúmulo de água devido a drenagem ineficiente e juntas de dilatação gastas (VITÓRIO apud BASTOS et al, 2017)

A corrosão eletroquímica é, geralmente, a principal causa de deterioração das armaduras de concreto armado e protendido; o concreto é um material eminentemente básico, porque, em sua composição, estão hidróxido de cálcio, sulfatos, álcalis e outros componentes que produzem um meio alcalino com pH maior que 12 [...] Com o tempo, por causas diversas, a camada protetora do concreto pode sofrer danos, afetando a passividade das armaduras, em pontos localizados ou generalizados. (CHEQUER et al., 2010)

O grande problema das estruturas de concreto armado é a fissuração, que permite a infiltração de água provocando a oxidação das armaduras, que por sua vez alargam ainda mais estas fissuras (SANTOS, 2008)

A proteção mais viável no combate à corrosão é uma maior qualidade do concreto, pois quanto maior a qualidade, maior a impermeabilidade do mesmo. O uso de revestimento adequado também se faz necessário visando a proteção da armadura de aço que mais sofre com questões de umidade, colocando em risco a estabilidade da estrutura. (CHEQUER et al., 2010)

“O risco e a evolução da corrosão do aço na região das fissuras de flexão transversais à armadura principal dependem essencialmente da qualidade e da espessura do concreto de revestimento da armadura.” (ABNT NBR 6118:2014)

A espessura do revestimento de concreto da armadura se dá conforme a classe de agressividade ambiental – CAA, classificada na ABNT NBR 6118:2014.

De acordo com Santos (2015), o concreto proporciona além da proteção física ao aço devido ao revestimento da armadura, também uma proteção química, devido ao elevado pH que promove a formação de uma película passivadora.

A corrosão acarreta na diminuição da área de seção do concreto, ocasionando na redução de capacidade de carga da estrutura. No caso de recuperação da estrutura, pode-se fazer a retirada da área de concreto em volta da armadura comprometida, e a raspagem da parte superficial corroída do aço, tendo em vista a necessidade de um reforço na armadura caso a área perdida pela raspagem for maior que 10% da área da seção transversal original do aço. (CHEQUER et al, 2010)

Em estruturas metálicas, a grande causa de corrosão se faz pela atmosfera ao redor da estrutura. Como não há o revestimento de concreto para a proteção do aço, é necessária a manutenção de tal material a evitar que o mesmo oxide.

“São fatores de risco para a ocorrência de corrosão: a idade avançada da estrutura, a falta de proteção ou proteção inadequada, a presença de ferrobactérias e a aeração diferencial” (BRINCK apud LOURENÇO et al, 2009)

3.2.2 Fissuração

De acordo com a bagagem acadêmica adquirida ao decorrer da graduação, conceitua-se que a fissuração, em associação com a água, é a causa da maioria das patologias no concreto armado, pois permite a penetração de umidade no interior do concreto chegando-se até a armadura em aço. Porém falta a muitos profissionais diferenciar os vários estágios da fissuração e identificar qual dos estágios apresentam risco à estrutura e suas causas.

Segundo a ABNT (NBR 6118:2014), a fissuração de elementos em concreto armado é inevitável, pois o material concreto trabalha muito mal a tração (esforço deixado ao aço). A dita norma regulamentariza o estado-limite de fissuração, sendo atestado que todas as fissuras dentro deste limite atendem critérios que não inviabilizam a estrutura nem prejudicam suas características exigidas, tal como sua durabilidade e segurança quanto aos ELU (Estados-Limites Últimos).

Devido à baixa resistência do concreto a tração, cerca de 10% da resistência a compressão, as fissuras a tração são comuns, já as fissuras que ocorrem por motivo da compressão são mais críticas, pois o concreto entra no estágio de esmagamento e ruptura frágil. (CURCIO, 2008)

As fissuras podem ainda ocorrer por outras causas, como retração plástica térmica ou devido a reações químicas internas do concreto nas primeiras idades, devendo ser evitadas ou limitadas por cuidados tecnológicos, especialmente na definição do traço e na cura do concreto. (ABNT NBR 6118:2014)

Apesar do concreto armado trabalhar fissurado e até sendo dimensionado assim, há casos em que essa fissuração não se dá de forma natural, gerando desconforto ao usuário quando a mesma excede o ELS (Estado-Limite de Serviço)

determinado por norma. A fissuração é um meio de entrada para agentes nocivos como à armadura como CO₂, fungos, entre outros. (COSTA, 2016)

Parafraseando Curcio (2008), as fissuras só constituem problema patológico quando ultrapassam os limites estabelecidos pelas normas técnicas ou quando sua origem se dá por outros motivos senão o funcionamento estrutural normal da peça.

O grande dano que as fissuras causam à durabilidade das estruturas de concreto armado é favorecer a entrada de agentes agressivos à armadura e ao concreto. Sendo assim, os parâmetros a serem observados quando se trata de fissuração são: a abertura das fissuras e o ambiente no qual se encontra a estrutura. (DAL MOLIN apud ALMEIDA, 2016)

“A abertura máxima característica W_k das fissuras, desde que não exceda valores da ordem de 0,2 mm a 0,4 mm, [...] sob ação das combinações frequentes, não tem importância significativa na corrosão das armaduras passivas”. (ABNT NBR 6118:2014)

Usualmente, a partir da espessura de 0,4mm, a abertura no concreto é chamada de trinca.

Para Vitório (2003), fissura é uma pequena abertura que se forma em qualquer superfície sólida, com espessura de até 0,5mm; trinca seria uma evolução da fissura com espessura de 0,5mm a 1,00mm; a rachadura é uma abertura significativa de um material sólido com espessura de 1,00mm a 1,5mm; a fenda teria sua espessura superior a 1,5mm.



Figura 3 – Fissuração em concreto armado.
Fonte: AECWeb

O aparecimento de fissura (figura 3) na estrutura pode ter várias causas, tais como recalque de fundação, retração e expansão térmica do concreto, expansão da armadura devido à corrosão, ressecamento, carbonatação do concreto, ações de cargas ou deformações impostas à estrutura tal como ações excepcionais como abalos sísmicos. (GRANATO, 2002); (VITÓRIO, 2003)

Analisando as informações até agora dispostas neste trabalho, pode-se dizer que as patologias originam a maioria das trincas, que por sua vez dão origem a mais patologias na estrutura, formando um ciclo que a leva ao colapso se não tratada.

A fissuração não funciona diferente para “Obras de Arte” viárias, pois a distribuição irregular interna de tensões em pontes e viadutos devido a cargas móveis dão origem a aberturas na estrutura.

A ocorrência de fissuras [...] é um fenômeno bastante comum nas pontes de concreto armado em todo mundo. Sua origem está relacionada a uma distribuição irregular de tensões no interior da estrutura, embora também possa ser originada a partir da decomposição ou desagregação do concreto. O processo de fissuração pode levar a graves eventos de desestabilização estrutural, cujas consequências são inestimáveis. (LOURENÇO et al, 2009)

3.2.3 Carbonatação

A carbonatação nada mais é do que a reação entre o gás carbônico e os componentes do concreto, assim reduzindo o pH do concreto e gerando fissuras, o que possibilita a corrosão de sua armadura interior.

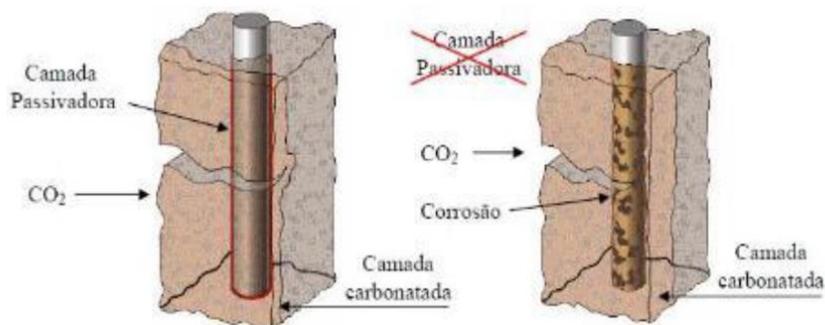


Figura 4- Esquema de Carbonatação.
Fonte: OLIVEIRA (2016)

Segundo Granato (2009), a carbonatação (figura 4) é resultado da reação de uma substância presente no ar atmosférico, o anidrido carbônico (CO_2), e o cimento, diminuindo o nível de pH do concreto de seu valor natural, 9.

Este fenômeno não seria tão importante e perigoso se não fosse pelo risco à armadura contida no concreto, pois chegando a carbonatação ao interior do mesmo, provoca a despassivação da armadura, retirando a película de proteção contra a corrosão. O concreto se encontra poroso e assim seu interior mais propenso às ações de agentes externos à sua armadura.

A película passivadora mantém o aço protegido, desta forma, para haver corrosão é necessária a destruição desta camada, ou seja, despassivação da armadura. A ABNT NBR: 6118:2014, cita o ataque de íons cloretos e, a carbonatação foco deste trabalho como os principais agentes despassivadores. A Norma supracitada ainda define em seu item 6.3.3.1 a despassivação por carbonatação como à ação do gás carbônico da atmosfera sobre o aço da armadura. (SANTOS, 2015)

A carbonatação ocorre mais rapidamente em ambiente mais propensos ao gás carbônico, como viadutos, pontes, edifícios situados em grandes centros urbanos.

O não cumprimento do valor de cobrimento mínimo do aço no concreto estabelecido pela norma ABNT NBR 6118/2014; um traço de concreto precariamente executado; a umidade reativa do ar; a má qualidade de adensamento do concreto, formando poros, são alguns dos fatores que influenciam a carbonatação, fazendo-a chegar com facilidade às armaduras.

O fenômeno discutido pode ser identificado com rapidez, com o uso de solução fenolftaleína.

“A carbonatação da Cal reduz o pH do concreto e provoca a despassivação das armaduras. Pode ser identificada de maneira simples: com a aplicação de uma solução de fenolftaleína na superfície do concreto”. (COSTA, 2016)

3.2.4 Lixiviação

Como constatou-se anteriormente, a água é um dos grandes fatores que contribuem para o aparecimento de patologias nas construções. A lixiviação decorre proveniente da presença de água no interior da estrutura, dissolvendo e transportando componentes do concreto, isto sendo nocivo à estrutura e formando estalactites na superfície do concreto atacado.

Com a dissolução de componentes sólidos, o concreto perde parte de sua resistência mecânica e ganha maiores vazios; acessos para agentes agressivos externos à armadura, inclusive o gás carbônico causador da carbonatação discorrida no item anterior.

Ao processo de dissolução e transporte da cal hidratada dá-se o nome de lixiviação. A lixiviação é nociva ao concreto por várias razões: com a remoção de sólidos, ocorre redução na resistência mecânica do material e abre-se caminho para a entrada de gases e líquidos agressivos às armaduras e ao próprio concreto, além da penetração de água e oxigênio que normalmente

redunda na corrosão de armaduras em peças de concreto armado ou concreto protendido. (JOSÉ, 2009)

A ABNT NBR 6118/2014 em seu item 6.3.2.1 define a lixiviação como “mecanismo responsável por dissolver e carrear os compostos hidratados da pasta de cimento por ação de águas puras, carbônicas agressivas, ácidas e outras”. A norma ainda recomenda “Para prevenir sua ocorrência, recomenda-se restringir a fissuração, de forma a minimizar a infiltração de água, e proteger as superfícies expostas com produtos específicos, como os hidrófugos”.

A lixiviação então, pode decorrer do controle precário da fissuração do concreto, evitando a influência de água na estrutura.

3.2.5 Degradação do concreto

O material concreto possui na sua composição basicamente o cimento, agregados graúdos e miúdos, e água. Podendo ou não conter aditivos para melhorar sua performance. A qualidade desses materiais, juntamente com o manuseio dos mesmos, está diretamente relacionada às patologias causadas no concreto. Portanto, é preciso ter um controle nas fases de concretagem, além de uma boa definição de um traço de concreto, a fim de garantir a durabilidade e qualidade da estrutura a ser projetada, de acordo com Granato (2002).

Assim como a qualidade dos materiais que compõe o concreto, a sua porosidade e condições ambientais da superfície também estão relacionados às patologias. Sendo a segunda mais complexa de lidar, a solução é ter o controle da porosidade do concreto de forma a torná-lo menos poroso e permissivo ao transporte interno de agentes agressivos, água e gases, o que acelera a sua degradação, segundo Souza e Ripper (1998).

Ainda segundo Souza e Ripper (1998), as pastas de cimento possuem poros, e estes podem ser de diversas dimensões que são classificadas genericamente em macroporos, poros capilares e microporos, conforme figura 5. O fluxo de transporte

está relacionado a dimensão desses poros, principalmente das duas primeiras que são responsáveis pela sua durabilidade.

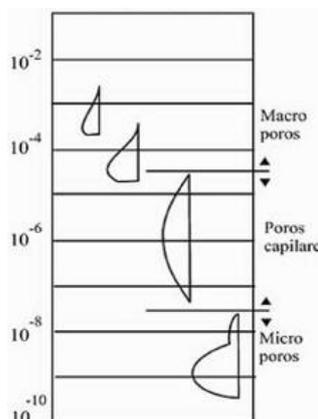


Figura 5- Raio dos poros, em metros/ Distribuição dos poros.
Fonte: Souza e Ripper, 1998.

Existem alguns meios de propagação dos agentes que se infiltram nos poros do concreto:

- O ar: transporta água, agentes agressivos como sulfatos, carbonetos e cloretos, além dos gases. A umidade influencia diretamente na intensidade de transporte desses agentes, ou seja, quanto menor a umidade do ar, o concreto será mais permeável aos gases.
- Pelas marés ou água da chuva: O transporte é feito por capilaridade, onde os menores poros sofrem do fenômeno de adsorção, que faz com que a superfície das paredes fique completamente saturadas.

Um dos recursos para prevenir diversas patologias como a degradação do concreto e também infiltrações, corrosão de armaduras, eflorescência, bolhas em tintas, entre outros, é a impermeabilização. Entretanto, é preciso que esta seja concebida corretamente (com análise e projeto, mão de obra qualificada, materiais adequados às aplicações que serão realizadas), a fim de se garantir total funcionalidade como mostra a NBR 9575:2010.

6.2.1 A impermeabilização deve ser projetada de modo a:

- a) evitar a passagem de fluidos evapores nas construções, pelas partes que requeiram estanqueidade, podendo ser integrados ou não outros sistemas construtivos, desde que observadas normas específicas de desempenho que proporcionem as mesmas condições de estanqueidade;
- b) proteger os elementos e componentes construtivos que estejam expostos ao intemperismo, contra a ação de agentes agressivos presentes na atmosfera;
- c) proteger o meio ambiente de agentes contaminantes por meio da utilização de sistemas de impermeabilização;
- d) possibilitar sempre que possível acesso à impermeabilização, com o mínimo de intervenção nos revestimentos sobrepostos a ela, de modo a ser evitada, tão logo sejam percebidas falhas do sistema impermeável, a degradação das estruturas e componentes construtivos. (NBR 9575:2010)

3.2.6 Desagregação do concreto

Quando se faz a identificação de alguma patologia em uma estrutura de concreto é preciso avaliar a origem da mesma, para buscar suas causas de manifestação, repará-la, e garantir que essa estrutura não venha a deteriorar novamente, segundo Souza e Ripper (1998).

A desagregação do concreto pode se dar devido a alguns fatores. Mais comumente identificam-se os agentes químicos e biológicos. Entretanto, não se descarta a movimentação das formas e a fissuração, que também contribuem para tal patologia.

As reações químicas, principalmente como sulfatos, tais como: magnésio, potássio, amônio, sódio e cálcio. Onde estes são encontrados com mais frequência em águas marinhas ou subterrâneas e em dejetos industriais, são responsáveis pela criação de sal que reage com o concreto, fazendo com que o mesmo perca sua

capacidade de coesão. O resultado é o desprendimento de placas de concreto e perda de resistência mecânica para o qual foi dimensionado (figura 6).

Deve-se entender como desagregação a própria separação física de placas ou fatias de concreto, com perda de monolitismo e, na maioria das vezes, perda também da capacidade de engrenamento entre os agregados e da função ligante do cimento. Como consequência, tem-se que uma peça com seções de concreto desagregado perderá, localizada ou globalmente, a capacidade de resistir aos esforços que as solicitam. (SOUZA E RIPPER, 1998)



Figura 6- Desagregação do Concreto.

Fonte: Alpinismo e Soluções em Ambientes Verticais (2014)

Embora os agentes biológicos se destaquem na deterioração em pontes e construções rurais, as construções urbanas também sofrem com os impactos, pelo crescimento de vegetação nas estruturas (figura 7). As mesmas se instalam entre as falhas do concreto e juntas de dilatação, abrindo espaço para micro-organismos.

As agressões às estruturas de concreto podem ser físicas (variação de temperatura, umidade, ciclos de congelamento e degelo, ciclos de umedecimento e secagem); químicas (carbonatação, maresia ou água do mar, chuva ácida, corrosão, ataque de ácidos, águas brandas, resíduos industriais); e biológicas (micro-organismos, algas, solos e águas contaminadas). Entre as principais patologias por agentes químicos e ambientais estão a corrosão de armaduras, a carbonatação, ataque de sulfatos, de soluções ácidas e a ação de cloretos. Os sintomas dessas doenças são, em geral, as fissuras, eflorescências, desagregação, lixiviação, manchas, expansão por sulfatos e reação álcalis-agregado. Tudo isso pode fazer com que o concreto perca sua capacidade de resistência, chegando à ruptura da estrutura. (MEDEIROS, 2010)



Figura 7- Vegetação em Junta de Dilatação.
Fonte: XVIII COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 2015.

3.2.7 Retração do concreto

A retração do concreto é natural e está ligada ao seu processo de cura. Entretanto, é necessário que haja um controle desse processo para que não ocorram patologias ligadas à retração.

Para Souza e Ripper (1998), deve existir um controle para que a manifestação de trincas e fissuras não ocorram durante a retração (figura 8), tendo em vista que se ocorrerem em estruturas esbeltas podem comprometê-la completamente. Para isso a retração deve ser levada em consideração desde o projeto até a execução. Outra importante observação deve ser destacada, a interação da estrutura com o meio ambiente. Sendo que na época da concretagem deve-se observar as condições na qual a mesma foi executada, levando em conta as elevadas temperaturas, incidências de ventos constantes e baixa umidade relativa do ar, o que influencia na cura da peça por não haver água suficiente.



Figura 8- Retração do Concreto.
Fonte: Portal Tecnosil.

A qualidade dos materiais utilizados para a mistura do concreto, o ambiente no qual a cura é submetida e o fator água/cimento, também são relevantes para evitar a retração do concreto, segundo Silva et al (2016).

O vento e a temperatura acarretam na evaporação rápida da água de mistura do concreto. Um dos objetivos da cura do concreto é de assegurar que o concreto não seja submetido a tensões que originem fissuras devido a diferenças térmicas e retração de secagem. Outro objetivo é garantir que o concreto não seque e assegurar que a reação do cimento e água ocorra em toda a seção transversal e que a resistência corresponda à dosagem do concreto. A água livre do concreto é um pré-requisito importante para conseguir a resistência e densidade desejada. A água do concreto se evapora através da superfície úmida e dura até a reação do cimento, cerca de 10 – 12 horas. Após este período, o movimento da água se dá por difusão, que é um processo muito lento. Portanto, é muito importante impedir a secagem do concreto durante as primeiras 24 horas. A continuidade da cura por mais dias, repõe a perda de água por evaporação. (GRANATO, 2002)

Uma cura malfeita pode gerar fissuras no concreto devido a retração hidráulica, onde tensões internas provocam esforços de tração que o concreto não suporta (Marcelli, 2007).

Segundo Amaral (2011), existem vários tipos de retração, e cada um com sua característica e forma de manifestação.

- Retração plástica – Se dá quando a evaporação da água é maior do que a água exsudada do concreto e ocorre antes da pega do mesmo.
- Retração hidráulica (por secagem) – Está diretamente relacionada a forma e tamanho do elemento e ocorre pela perda de água para o ambiente. Entretanto deve ser considerada para elementos de pequena espessura.
- Retração química – Ocorre em ambiente fechado, sem acréscimo de substância e interferência climática, onde os materiais cimentícios sofrem uma redução de tamanho devido a hidratação do cimento. Este fenômeno ocorre antes da retração por secagem e deve ser considerada quando houver concretos com alta resistência, pelo seu alto consumo de cimento e possuir baixa relação água/cimento.

3.2.8 Falhas na concretagem

O processo de concretagem em uma construção exige muitos cuidados a serem tomados. Muitos erros são cometidos e podem levar a diversas patologias em uma estrutura. Estão associadas à concretagem falhas no transporte, lançamento, e no adensamento do concreto, provocando patologias como segregação entre agregado graúdo e a argamassa; e também os chamados “ninhos”.

No tocante ao transporte, os principais cuidados que devem ser tomados são referentes a rapidez do processo, para que o concreto não seque nem perca a sua trabalhabilidade.

Segundo Souza e Ripper (2009), é primordial evitar o atraso no transporte entre uma camada de concreto e outra, pois isto ocasiona o aparecimento de juntas de concretagem, o que provoca concentração de tensões e perda de aderência na superfície a ser concretada.

Em relação ao processo de lançamento do concreto, diversos problemas podem ocorrer se o mesmo for feito de maneira indevida. Pode-se encontrar problemas nas armaduras, na superfície do concreto, bem como na sua resistência ocasionando assim uma fragilidade na estrutura.

O lançamento malfeito pode ocasionar o deslocamento das armaduras, bem como de chumbadores que possam estar embutidos nas peças estruturais. Se uma nova quantidade de massa é lançada sobre uma superfície que já completou o processo de endurecimento, pode acontecer a segregação dos seus diversos componentes (efeito de ricochete). O lançamento em plano inclinado pode levar ao acúmulo de água exsudada, o que ocasionará a segregação entre o agregado graúdo e a nata de cimento ou a argamassa, fazendo com que surjam pontos frágeis na estrutura, facilitando, assim, a ocorrência de focos de corrosão. (SOUZA e RIPPER, 2009)

Quando a vibração e o adensamento do concreto não são bem executados, podem causar vazios no concreto, também conhecidos como “ninhos”. Criando irregularidades na superfície, comprometendo assim a estética em peças que ficaram

aparentes e contribuindo com agentes agressores existentes no meio ambiente devido ao aumento da porosidade desta superfície.

Uma das principais características do concreto é sua trabalhabilidade que deve ser apropriada às dimensões das peças a serem concretadas e a forma de vibração a ser aplicada. Quando a trabalhabilidade não está adequada, o concreto não consegue preencher todos os espaços das peças e aí surgem vazios. (MAYOR apud NAKAMURA, 2016)

O processo de cura corresponde a ações tomadas com o objetivo de impedir a evaporação da água necessária para que o concreto continue as suas reações de hidratação, garantindo assim sua resistência final.

É de suma importância levar em consideração todos os cuidados pertinentes à cura do concreto, quando esta não é devidamente realizada vários problemas poderão ocorrer, como falta de resistência e durabilidade da estrutura, comprometendo a segurança da construção.

Uma cura inadequada aumenta as deformações específicas devidas à retração. Como esta deformação é diferenciada entre as diversas camadas constituintes da peça, principalmente se esta for de grandes dimensões, poderão ser geradas tensões capazes de provocar acentuada fissuração do concreto. Assim, pode-se dizer que, na prática, a cura é a última de todas as operações importantes na execução de uma peça de concreto armado, com reflexos diretos na resistência e durabilidade da estrutura. (SOUZA e RIPPER, 2009).

Outro fator primordial para a qualidade do concreto é a relação entre a água e o cimento, que influencia diretamente na resistência e durabilidade do mesmo.

Segundo Souza e Ripper (1998), para garantir a resistência final do concreto desejada em projeto e necessário que seja feito o controle da quantidade de água colocada na mistura. Caso esta relação seja erroneamente adotada, a estrutura pode desenvolver graves sintomas patológicos como fissurações que podem contribuir significativamente para o desenvolvimento do processo de corrosão das armaduras.

Ainda segundo o autor, falhas muito comuns na concretagem acontecem durante a colocação das fôrmas.

- A falta de limpeza e de aplicação de desmoldastes antes de concretar; ocasionando "embarrigamentos", necessitando assim complementar a argamassa, elevando o peso da estrutura;

- Também a colocação de fôrmas não estanques pode provocar vazamentos de nata de cimento pelas juntas das fôrmas, levando a uma porosidade no concreto;

- Retirando prematuramente as fôrmas e escoramentos, ocasiona-se deformações na estrutura, o que leva ao aparecimento de fissuras na estrutura, como no caso de balanços onde o escoramento deve ser removido da sua extremidade ao sentido do apoio;

- Remoção incorreta dos escoramentos, provocando um comportamento estático contrário ao projetado, como no caso de balanços onde o escoramento deve ser retirado da ponta em direção ao apoio, o que acarreta em trincas nas peças.

“Quando as fôrmas não são estanques, a nata de cimento tende a escorrer pelas frestas, gerando acúmulo de brita na parte superior, ocasionando falhas no concreto”. (NETO apud NAKAMURA, 2016).

3.2.9 Recalques de fundação

A fundação é a parte da estrutura que mais requer atenção e cuidados ao se fazer o projeto, execução e controle, com necessidade de conhecimentos em cálculo estrutural e geotecnia. A fundação bem-feita se torna primordial para qualidade e durabilidade de uma “Obra de Arte”.

“Uma boa Fundação é aquela que tem como apoio um tripé harmonioso, constituído pelo projeto, pela execução e pelo controle” (ALONSO, 1991).

De acordo com a revista Mundo Estranho da editora Abril, em concordância com Cintra, Aoki e Albiero, a Torre de Pizza se tornou um dos exemplos mais famosos do mundo, com um recalque diferencial que chegou a incríveis 4,5m em 1990, quando foi interdita para a reparação concluída em 2001. Assim como o Teatro de Belas Artes na Cidade do México que chega a atingir 2m.

Deslocamentos verticais (recalques) podem ser encontrados em qualquer edificação, enquanto estiver sendo construída ou após a sua conclusão, durante um intervalo de tempo, até que a tensão proveniente do carregamento aplicado e a tensão resistente pelo solo atinjam um equilíbrio. Devido a esses movimentos podem ocorrer a aparição de falhas, identificadas pelos desnivelamentos de pisos, trincas e desaprumos da construção. (CAPUTO apud SANTOS, 2014)

Segundo Cintra et al (2011), é por esse motivo que deve ser dada uma grande atenção aos recalques durante o projeto e adequá-lo para que esses recalques estejam dentro dos valores admissíveis.

Segundo Alonso (1991), entende-se por recalque absoluto o deslocamento vertical de um elemento da fundação. A diferença entre o recalque absoluto de um ou mais elementos da fundação chama-se recalque diferencial. É justamente esse diferencial que acarreta no aparecimento de outras patologias na estrutura como fissuras.

Uma das causas de recalques em estruturas é a deficiência na investigação geotécnica.

Não se deve elaborar qualquer projeto de fundação sem que a natureza do subsolo seja conhecida, através de ensaios geotécnicos de campo, tais como sondagens de simples reconhecimento, ensaios de penetração estática, provas de cargas em protótipos etc. (ALONSO, 1991).

Segundo Caputo (1988), o objetivo da Geotecnia é exatamente o de determinar, tanto quanto possível sob fundamentação científica, a interação terreno-fundação-estrutura.

3.3 PATOLOGIAS ESPECÍFICAS EM “OBRAS DE ARTE” VIÁRIAS

3.3.1 Falhas na pista de rolamento

As falhas ocorridas na pista de rolamento são as que causam mais interferências na segurança e fluxo do tráfego.

À frente serão abordadas patologias pertinentes à pista de rolamento como problemas nas juntas de dilatação (item 3.3.4), drenagem (item 3.3.2), entre outros. Tais patologias, ao contrário da estrutura, são percebidas e sentidas pelo usuário.

A fim de evitar tal desconforto e insegurança é preciso que a pista de rolamento seja inspecionada em busca de depressões, ressaltos, desníveis e assoreamentos (figura 9). Logo após identificados, providenciar as correções necessárias como a limpeza, e possíveis reparos, conforme orienta o Manual de Pontes Rodoviárias 2ª ed., Rio de Janeiro (2004).



Figura 9- Ressalto
Fonte: Portal A Crítica.

Há necessidade da realização de manutenções na superestrutura, sejam elas preventivas ou corretivas, a fim de manter a pista de rolamento com total funcionamento. Vale ressaltar que devido ao aumento da sobrecarga na estrutura, além da cobertura das juntas, não é viável a execução do recapeamento asfáltico, e sim de pequenos reparos como camadas finas e selantes de fissuras (figuras 10 e 11).



Figura 10- Trinca em asfalto velho.
Fonte: Portal Deposit Photos.



Figura 11- Selante em Asfalto.
Fonte: Portal Abra seu Negócio.

3.3.2 Falhas na drenagem

O sistema de drenagem pode ser considerado um dos principais contribuintes na conservação de certas estruturas. A principal função da drenagem é esgotar toda a água que chega no tabuleiro (estrutura que suporta as cargas de circulação), assim conduzindo ao deságue adequado.

Em sua função primordial, a drenagem de uma rodovia deve eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que menos afete a segurança e durabilidade da via. (MANUAL DE DRENAGEM DE RODOVIAS, 2006)

A falha no sistema de drenagem pode ocasionar diversos danos, tais como: infiltração, lixiviação da pasta de cimento, manchas de vazamento na estrutura, corrosão devido a infiltração, danos aos usuários, entre outros. Em meio aos danos causados a usuários inclui-se o alagamento da pista de rolamento, tornando o tráfego perigoso, lento ou até mesmo inviável.

Segundo Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias (2004), a drenagem pode ser dividida em:

- drenagem natural; caracterizada pela declividade superior a 2% no estrado, sem necessidade de drenos ou dispositivos.
- drenagem de pontes rurais; constituída em geral por tubos de 100mm de diâmetro com afastamento de 4,0m e instalados nos dois alinhamentos transversos, eliminando a aglomeração de água na pista.
- drenagem de pontes urbanas; aplica-se o sistema completo de drenagem, incluindo tubos de queda embutido e todo o dimensionamento, evitando entupimento do mesmo.

3.3.3 Problemas nas juntas de dilatação

As pontes e viadutos são projetados para que contenham fendas no tabuleiro entre elementos estruturais, a fim de evitar manifestações patológicas e a fadiga estrutural. A junta de dilatação tem como finalidade, além de preencher a fenda com o material apropriado, evitar a transmissão de esforços entre os elementos separados, fazendo com que trabalhem isoladamente, segundo Trindade (2015).

Juntas de dilatação são intervalos abertos entre trechos de superestrutura, ou entre a superestrutura e os encontros, que permitem que a superestrutura se dilate ou se contraia com as variações de temperatura. Estes intervalos, exceto nas juntas abertas, são preenchidos por vários tipos de dispositivos, que serão identificados como juntas de dilatação. (DNIT, 2006)

Segundo a norma DNIT 092/2006, as juntas de dilatação devem ser bem executadas a fim de proporcionar um tráfego confortável, sem aberturas exageradas, sem degraus entre a junta e o asfalto. Deve haver também, em casos de juntas com expectativa de vida útil muito inferior à obra de arte, inspeções e manutenções regularmente.

Existem dois tipos de juntas de dilatação: as abertas e as fechadas. No primeiro, permite-se a passagem de detritos e água, o que pode comprometer a durabilidade dos apoios, o segundo tipo é constituído de compostos elásticos ou materiais metálicos (figuras 12 e 13).



Figura 12- Junta de dilatação neoprene.
Fonte: Portal UnionTech.

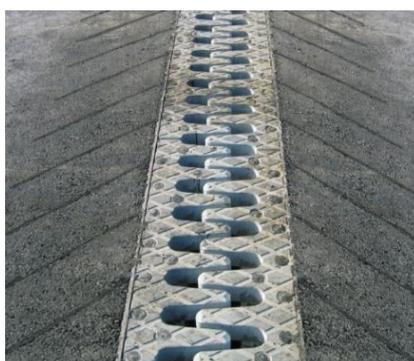


Figura 13- Junta de dilatação dentada.
Fonte: Portal ArchiEXpo.

As manifestações patológicas em juntas de dilatação podem ocorrer antes mesmo do início do tráfego na via, isso se dá pela má aplicação do material e até mesmo produtos de qualidade inferior ao exigido.

Segundo o DNIT (2006), não deve haver acúmulos de detritos, vazamentos e/ou ruídos durante o tráfego de veículos na inspeção final. Reitera-se ainda que é impraticável a substituição total de uma junta de dilatação, entretanto, é possível realizar a substituição de módulos e componentes mais vulneráveis.

De modo geral, as juntas de dilatação têm o meio como seu maior agente agressivo. Com o decorrer do tempo, tráfego de veículos e intempéries, as juntas poliméricas vão sofrendo desgaste, ressecamento e ruptura, sendo necessário a sua substituição. Em contrapartida, as metálicas podem empenar, ter seus parafusos soltos e sofrer oxidação (figura 14).



Figura 14- Patologia junta de dilatação dentada.
Fonte: Portal ArchiEXpo.

3.3.4 Influência de agentes externos

Um dos principais fatores que contribuem para a degradação dos elementos estruturais são os humanos que, por sua vez, influenciam-no de forma agressiva. O dimensionamento estrutural possui diversos coeficientes de segurança, estabelecidos por normas técnicas para contemplar ações imprevisíveis impostas às estruturas pelo meio em que se encontra. Tais coeficientes têm por objetivo assegurar a estabilidade das estruturas a fim de cobrir falhas, tais como: homogeneidade dos materiais; falhas na execução; falta de manutenção; defeitos de fabricação, entre outros.

Segundo ABNT NBR 6118:2014, os coeficientes de ponderação das resistências são estabelecidos para prever condições desfavoráveis. Em seu item

12.4.1, ela decorre sobre os valores dos coeficientes de ponderação e o material ao qual se referem.

A experiência mostra que é inviável a consideração de todas as ações excepcionais em que o elemento possa estar sujeito durante sua vida útil. Assim como todas as ações incidirem sobre ele de forma simultânea.

Um carregamento excepcional decorre da atuação de ações excepcionais que podem provocar efeitos catastróficos. Os carregamentos excepcionais somente devem ser considerados no projeto de estrutura de determinados tipos de construção, para os quais a ocorrência de ações excepcionais não possa ser desprezada e que, além disso, na concepção estrutural, não possam ser tomadas medidas que anulem ou atenuem a gravidade das consequências dos efeitos dessas ações. O carregamento excepcional é transitório, com duração extremamente curta. Com um carregamento do tipo excepcional, considera-se apenas a verificação da segurança em relação a estados limites últimos, através de uma única combinação última excepcional de ações. (ABNT NBR 8681, ITEM 4.3.2.3)

Porém no dimensionamento fica inviável levar em consideração todos os agentes patológicos excepcionais ocorrendo simultaneamente, sendo assim a NBR 8681:2003 recomenda a utilização dos fatores de combinação e fatores de serviços.

Quando existe a probabilidade de ocorrência simultânea de mais de duas ações variáveis de diferentes naturezas, a probabilidade de ocorrência de todas no valor máximo é muito baixa e os valores dos coeficientes de ponderação das ações no estado limite último (ELU) são multiplicados pelos fatores de combinação, que levam em consideração a simultaneidade de atuação das ações. (PINHO e BELLEI, 2007)

De acordo com a entrevista realizada pelo Jornalista Ricardo Abreu do portal de notícias G1, direcionada ao presidente do CREA-RJ, Reynaldo Bastos, foi realizada uma análise com relação ao incidente ocorrido na Ciclovía Tim Maia na Cidade do Rio de Janeiro.

[...] a principal falha de projeto foi a ausência de estudos oceanográficos, já que só foram previstas ondas de até 2,5 metros, que poderiam atingir somente os pilares da ciclovía e não o tabuleiro, como o que aconteceu no dia do acidente [...] Também é válido ressaltar que as empresas participantes da licitação não

apresentavam experiência na construção de Obras de Arte, deixando evidente uma falha dos órgãos públicos na hora da contratação. (BASTOS apud ROUVENAT, 2016)

Ainda em entrevista, foram levantados diversos tipos de falhas apontadas pelo CREA-RJ:

falha na licitação dos itens de maior relevância técnica; descumprimento das Normas Técnicas Brasileiras; indícios de falta de ética no exercício profissional, pelo fato de não haver identificação dos autores e responsáveis pelo projeto; entre outros aspectos. (BASTOS apud ROUVENAT, 2016)

Contudo, vale ressaltar a importância na hora da realização de todo levantamento das cargas atuantes e das combinações necessárias para o desenvolvimento dos cálculos. Pois como constata no caso anterior a ressaca marítima não levada em consideração no projeto ocasionou o colapso da estrutura.

4 ESTUDO DE CASO: VIADUTO NOSSA SENHORA DAS GRAÇAS - VOLTA REDONDA/RJ

4.1 HISTÓRIA

O viaduto Nossa Senhora das Graças, localizado no município de Volta Redonda - RJ, foi inaugurado em 1966, com a finalidade de ligar o bairro Vila Santa Cecília ao bairro Aterrado. A travessia na época se mostrava muito perigosa, o que desmotivava a população a favorecer o crescimento do outro lado da cidade.

Foi calculado pelo Eng. Paulo Franco da Rocha, fazendo uso da Tecnologia de Vigas Mistas em aço e concreto armado, além de utilizar o aço de alta resistência à corrosão atmosférica, dando ao Viaduto o título de primeiro viaduto em viga mista do Brasil e da América Latina, além de ser o pioneiro com esse aço, também conhecido como patinável.

Como o aço conhecido pela marca Corten começava a ser produzido no Brasil, o Centro de Pesquisas da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) desenvolveu uma liga de aço feita com Nióbio, que é considerado um elemento em abundância no solo brasileiro, uma vez que o elemento usado pelas indústrias internacionais era o Vanádio que por sua vez era escasso no nosso solo, tornando-o assim muito caro. Sendo assim o viaduto seria uma ótima oportunidade para a CSN experimentar esse aço.

A execução do Viaduto foi realizada então, em uma parceria da CSN com a Prefeitura Municipal de Volta Redonda, onde a CSN fornecia o aço e a prefeitura os pilares e lajes em concreto armado.

Inicialmente feito para o tráfego de carroças, foi feita uma pista de rolamento de mão dupla e dois passeios para pedestres. Devido ao crescimento urbano gerado pelo benefício de sua construção, aumentando assim o seu fluxo de veículos, o

viaduto passou por uma reforma de ampliação de sua via de rolamento. Retirando um passeio, conseguiu-se duas pistas nos dois sentidos (figuras 15 e 16). (Notas de Aula - Prof. Ildony H. Bellei).

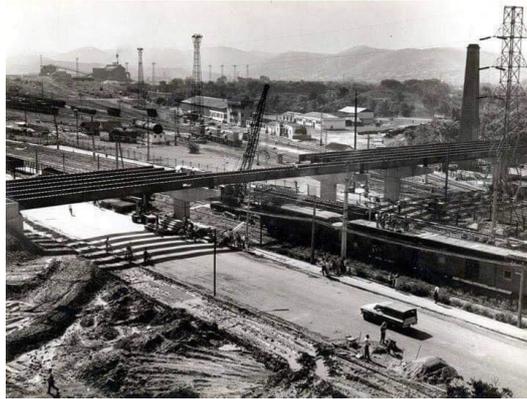


Figura 15- Viaduto Nossa Senhora das Graças
Fonte: Notas de aula do Prof. Ildony H. Bellei

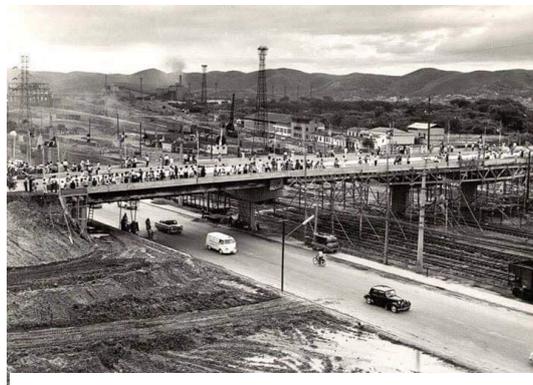


Figura 16- Viaduto Nossa Senhora das Graças
Fonte: Notas de aula do Prof. Ildony H. Bellei

4.2 COMPOSIÇÃO ESTRUTURAL

O viaduto é estruturado com a tecnologia de Vigas Mistas, com vigas de aço e pilares e Lajes em Concreto Armado.

Esse tipo de estrutura tem como característica a colocação de conectores de cisalhamento na superfície da mesa superior da viga em aço, garantindo assim que parte da laje em concreto trabalhe como viga, formando um elemento misto de aço e concreto trabalhando juntos. (PINHO e BELLEI, 2007)

O Eng. Paulo Franco da Rocha realizou uma análise estrutural minuciosa para identificar a quantidade de vigas que seriam necessárias para uma estrutura considerada ideal, onde se encontra a linha tênue entre segurança e economia, chegando a conclusão de seis vigas.

O aço patinável, escolhido para compor a estrutura do viaduto, possui em sua composição elementos que melhoram sua resistência à corrosão atmosférica, conseguindo assim um valor que chega a ser até três vezes mais que de um aço comum. (PORTAL METÁLICA, 2018)

Uma de suas principais características é a de desenvolver a chamada patina, uma película de oxido de cor avermelhada que reduz a velocidade com que agentes corrosivos presentes no ambiente agredem sua superfície. (PORTAL METÁLICA, 2018).

Após a modificação realizada em sua pista para de rolamento, foi realizado um reforço nas vigas do lado em que foi retirado o passeio para que o viaduto pudesse suportar esse aumento na sua solicitação de carga.

4.3 PATOLOGIAS ENCONTRADAS

As figuras 17 e 18 foram registradas in loco no Viaduto Nossa Senhora das Graças, em Volta Redonda-RJ.

- Lixiviação



Figura 17- Lixiviação no tabuleiro
Fonte: Autores



Figura 18 – Lixiviação no encontro de vigas
Fonte: Autores

Processos de lixiviação encontrados abaixo do tabuleiro e em pontos de junção de vigas.

As figuras 19 e 20 mostram que devido ao acúmulo de água resultante de problemas de drenagens em conjunto com fissuras já existentes no concreto estão causando tal patologia, que se caracteriza pelo transporte do material sólido no interior do concreto pela ação da água, diminuindo assim sua resistência mecânica e prejudicando o desempenho e a estética da estrutura. Tais características de desempenho estão descritas na ABNT NBR 6118:2014.

- Trincas e rachaduras



Figura 19 – Fissuras no tabuleiro

Fonte: Autores



Figura 20 – Fissuras nos pilares de sustentação

Fonte: Autores

Trincas e rachaduras encontradas abaixo do tabuleiro, próximas aos apoios do viaduto e também no pilar de sustentação do mesmo.

A aparição de tais patologias se dá devido ao concreto trabalhar às cargas cíclicas. Pode ser identificado que no pilar de sustentação do viaduto já não há mais o cobrimento mínimo necessário estabelecido pela ABNT NBR 6118:2014, deixando assim parte da armadura exposta (figura 21), propiciando a aparições de novas patologias.

- Armaduras expostas devido a carbonatação



Figura 21 – Carbonatação no pilar
Fonte: Autores

Processo de carbonatação atingindo parte do pilar de sustentação do viaduto.

Tendo em vista a área urbana, além de uma siderúrgica bem próxima do viaduto, tal patologia pode se tornar comum na estrutura.

A carbonatação é desencadeada através da ação do CO_2 reagindo com componentes do concreto através das fissuras já existentes. A falta de atenção nesses casos pode propiciar o que ocorre na imagem; a exposição e despassivação da armadura deixando-a vulnerável à corrosão.

Com a perda de seção do aço e concreto em grande escala, a estrutura se torna cada vez mais propícia ao colapso.

- Falhas na pista de rolamento



Figura 22 – Falha no pavimento
Fonte: Autores

Falha encontrada na faixa da direita, sentido rodoviária-aterrado (figura 22). Onde é possível perceber a tentativa de um recapeamento da falha. Entretanto, a mesma tornou a se manifestar.

Com esse desnível, os veículos geram impactos maiores no viaduto, aumentando a carga móvel, podendo assim levar à fadiga na estrutura.

- Calhas assoreadas



Figura 23 – Assoreamento de calhas
Fonte: Autores

Assoreamento das calhas de drenagens próximo ao passeio devido a sedimentos em geral, além de descartes feitos pela população (figura 23).

O mau funcionamento desse sistema de escoamento da água pode acarretar no acúmulo de água, que se infiltra na estrutura.

Sabendo que a água é uma das maiores responsáveis pela geração de patologias nas estruturas, esta situação propicia o surgimento de diversas delas, como a lixiviação e carbonatação, já apresentadas.

- Juntas de dilatação

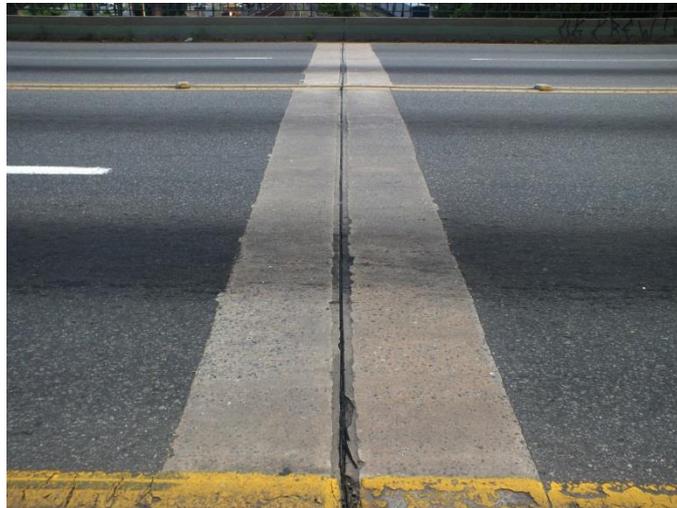


Figura 24 – Juntas de dilatação desgastadas
Fonte: Autores

Juntas de dilatação em material neoprene, onde a mesma necessita ser substituída, pois se encontra excessivamente desgastada (figura 24).

Deixando de fazer o seu papel conforme citado na ABNT NBR6118:2014 evitando a transmissão de esforços entre as placas do tabuleiro, além de vedar a fenda entre estas.

Seu papel também é não permitir que a água infiltre entre essa estrutura a fim de evitar quaisquer manifestações patológicas.

4.4 POSSÍVEIS SOLUÇÕES

4.4.1 Falhas na pista de rolamento

Com um recapeamento da pista de rolamento seriam solucionadas as falhas encontradas na pista de rolamento.

4.4.2 Calhas Assoreadas

Uma manutenção periódica nos dispositivos de drenagens, realizando a limpeza das calhas a fim de evitar o assoreamento, fazendo assim diminuir ou acabar com o acúmulo de água que se infiltra no tabuleiro e causam patologias.

4.4.3 Juntas de Dilatação

Não somente os dispositivos de drenagem em mau funcionamento são responsáveis pela infiltração da água, mas também as juntas de dilatação em mau estado de conservação contribuem para a infiltração da água pelo tabuleiro, sendo necessário assim a substituição das mesmas, uma vez que já se encontram desgastadas, gerando assim a carbonatação e a lixiviação.

4.4.4 Lixiviação e Carbonatação

Nos pontos onde ocorrem o aparecimento de indicadores de Lixiviação Carbonatação provenientes das infiltrações, pode-se realizar o recapeamento das áreas que mostram desagregação do concreto e exposição da armadura. Sendo necessário que haja o reparo dos pontos de infiltração, além de melhoria nas drenagens.

Nos pontos lixiviados é necessário retirar o concreto afetado, escovando-o com palha de aço; a limpeza da corrosão formada pode ser realizada manualmente ou com jatos de areia ou água, e realizar a aplicação de um graute para manter a integridade da estrutura, garantindo o cobrimento necessário à armadura além de realizar um proteção antioxidante em forma de pintura da superfície do metal e a aplicação de uma ponte de aderência para melhorar a adesão do material usado no reparo com o material já existente na construção.

As pontes de aderência mais utilizadas são os adesivos a base de epóxi, devido a sua maior compatibilidade com o concreto e com o aço das armaduras, como também sua alta resistência química a agentes corrosivos

5 CONCLUSÃO

Ao decorrer deste trabalho, constatou-se que o grande vilão das construções de concreto armado é a existência da fissuração, característica do concreto que por sua vez, como trabalha precariamente a tração, segue fissurado.

A existência descontrolada de fissuras gera a maioria das patologias existentes nas estruturas, pois facilita a agressão à armadura pelos agentes externos como umidade, gás carbônico, salinidade, entre outros. Já as estruturas metálicas possuem índices patológicos quase nulos.

A NBR 6118:2014 delimita as qualificações que o material concreto e tais estruturas devem possuir para que estas patologias sejam reduzidas, ficando assim imprescindível o respeito às Normas Brasileiras pelos Engenheiros, como também à adequação de cada projeto com a finalidade e região a que se aplica. Em suma, nenhum projeto é igual, existindo variações de ambiente e solicitações que cabe ao Engenheiro Civil uma análise da estrutura como um todo e das possíveis patologias para aquele trabalho, prevendo falhas e indicando a adequada manutenção que deve ser realizada na estrutura para mantê-la sã e funcionando conforme o esperado.

Analisando o viaduto em questão, fica nítido que a falta de manutenção acarretou às patologias lixiviação, carbonatação, assoreamento do sistema de drenagem, juntas de dilatação gastas e armadura exposta propensa a corrosão.

Felizmente, as patologias encontradas não se fazem problemas estruturais graves, sendo de fácil solução (como o cobrimento adequado da armadura pelo concreto, a troca de juntas de dilatação e a restauração do asfalto defeituoso), o que não acontece com todas as estruturas, que por negligência de órgãos fiscalizadores ou até mesmo falta de recursos ou atenção, acabam em colapso.

Recomenda-se a manutenção de toda e qualquer estrutura para que continue em perfeito estado e para que seu desempenho nunca esteja abaixo do esperado. Para cada tipo de estrutura há um tipo de manutenção que, em geral, se dá à resolução de possíveis vazamentos; de revestimentos deteriorados devido ao passar dos anos tal como possíveis defeitos aparentes na estrutura de concreto como trincas e manchas patológicas devido à matéria orgânica como no caso da lixiviação.

6. REFERÊNCIAS

AECWeb. Fissuração em concreto armado. Disponível em: https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/fissuras-poem-em-risco-a-vida-util-das-estruturas-de-concreto_16243_10_0. Acesso em 3 de outubro de 2018, às 15h40.

ALONSO, Urbano Rodriguez. *Previsão e controle das fundações*. Editora Edgard Blucher, São Paulo, 1991.

ALMEIDA, Débora Marx de. *Influência de manifestações patológicas precoces e erros construtivos em estruturas de concreto armado: proposição de uma escalade impacto na durabilidade*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2016.

ALPINISMO E SOLUÇÕES EM AMBIENTES VERTICAIS, 2014. Degradação do Concreto. Disponível em: <http://asaserv.blogspot.com/2014/01/causas-de-defeitos-em-estruturas-de.html>. Acesso em 20 de setembro de 2018, às 14h.

AMARAL, José Carlos do. *Tensões originadas pela retração dos elementos de concreto com deformação restringida considerando-se o efeito da fluência*. Universidade de São Paulo, 2011.

ARAUJO, Silas Oliveira. *Análise da estabilidade global de estruturas de concreto armado da cidade de Goiânia*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Federal de Goiás, 2016. Disponível em: https://www.eec.ufg.br/up/140/o/AN%C3%81LISE_DA_ESTABILIDADE_GLOBGL_D E_ESTRUTURAS_DE_CONCRETO_ARMADO_DA_CIDADE_DE_GOI%C3%82NIA .pdf. Acesso em 28 de Março de 2018, às 15h

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de Estruturas de Concreto-Procedimento. Rio de Janeiro: [s.n.], 2014.

_____. NBR 9575/2010. Impermeabilização - Seleção e projeto.

BAUER, L. A Falcão. *Materiais de construção: Novos materiais para Construção Cível*. Livros Técnicos e Científicos, Volume 1, 5ª edição, 1985.

_____. *Materiais de construção: Novos materiais para Construção Cível*. Livros Técnicos e Científicos, Volume 2, 5ª edição, 1994.

BARBOSA, Felipe et al. *Geologia Aplicada a Barragens*. Curso de Engenharia Cível UFT. Tocantis, 2013. Disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgJ3MAA/artigo-geologia-aplicada-a-barragens>. Acesso em 28 de maio de 2018, às 16h15. Minas Gerais, 2017.

BASTOS, Hérik César do Nascimento; MIRANDA, Matheus Zanirate.

Principais patologias em estruturas de concreto de pontes e viadutos: manuseio e manutenção das obras de arte especiais.

BELLEI, Ildony H et al. *Edifícios de múltiplos andares em aço*. Editora Pini, 2ª Edição, São Paulo, 2008.

CAMPOS, Eduardo; CASTRO, João et al. *Obras de Arte da Engenharia Civil*. Faculdade de Engenharia Civil do Porto (FEUP) 2011. Disponível in https://web.fe.up.pt/~projfeup/cd_2010_11/files/CIV223_relatorio.pdf. Acessado em 22 de Março de 2018, às 16h.

CAPUTO, Homero Pinto. *Mecânica dos solos e suas aplicações*. Edição Revista e Ampliada, 2002.

CINTRA, José Carlos A; Aoki, Nelson; Albiero, José Henrique. *Fundações Diretas: Projeto Geotécnico*. Editora Oficina de Textos, São Paulo, 2011.

COSTA, Hugo Oliveira. *Avaliação de patologias em obras de arte especiais utilizando a metodologia GNE/UNB*. Trabalho de Conclusão de Curso, UniCEUB– Centro Universitário de Brasília, 2016.

CURCIO, Ronald Christian de Lima. *PONTES RODOVIÁRIAS: Levantamento das principais patologias estruturais*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Ibatiba, 2008. Disponível em: <http://lyceumonline.usf.edu.br/salavirtual/documentos/1271.pdf>. Acesso em 21 de Março de 2018, às 12h

CHEQUER, et al. *Manual de recuperação de pontes e viadutos rodoviários*. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Rio de Janeiro, 2010.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - Norma DNIT 092. *Juntas de dilatação– Especificação de Serviço*, 2006.

FILHO, Carlos Leite Maciel. *Introdução a Geologia de engenharia*. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2008.

GRANATO, José Eduardo. *Patologia das construções*. 2002.

JOSÉ, Patrícia Rosa San. *Lixiviação X Carbonatação*. Revista Técnica, Edição 151, 2009. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/151/ipt-responde-lixiviacao-x-carbonatacao-285779-1.aspx>. Acesso em 15 de maio de 2018, às 19h.

LOURENÇO, Líbia C et al. *Parâmetros de Avaliação de Patologias em Obras-de-Arte Especiais*. Universidade Federal Fluminense, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Niterói/RJ, 2009.

MARCELLI, Maurício. *Sinistros na Construção Civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras*. Maurício Marcelli. São Paulo: Pini, 2007

MARCHETTI, Oswaldemar. *Pontes de concreto armado*. São Paulo. Editora Blucher, 2008.

MEDEIROS, Heloísa. *Doenças concretas*. Revista techne. Edição 160, 2010. Disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/160/doencas-concretas-conheca-as-principais-causas-de-patologias-de-287763-1.aspx>. Acesso em 3 de junho de 2018, às 11h.

New York Tourist. *The empire state building*. Disponível em: <https://www.nyctourist.com/empire1.htm>. Acesso em 12 de maio de 2018, às 15h.

OLIVEIRA, Daniel Ferreira. *Levantamento de causas de patologias na Construção Civil*. Monografia apresentada em Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2013. Disponível em: <http://www.monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10007893.pdf>. Acesso em: 3 de julho de 2018, às 17h35.

PFEIL, Walter. *Pontes em Concreto Armado: Elementos de projeto solicitações superestrutura*. 4º ed. - Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1990.

Portal A Crítica. Ressalto. Disponível em: https://www.acritica.com/uploads/news/image/27132/show_1.jpg. Acesso em 20 de Setembro de 2018, às 15h20.

Portal Abra seu Negócio. Disponível em: http://www.abraseunegocio.com.br/wp-content/uploads/2017/08/noticia_imagem_2786.jpg Acesso em 20 de Setembro de 2018, às 16h.

Portal ArchiEXpo. Disponível em: http://img.archiexpo.com/pt/images_ae/photo-g/126411-6501041.jpg

Portal Deposit Photos. Trinca em Asfalto Velho. Disponível em: https://st.depositphotos.com/2719395/3153/i/950/depositphotos_31534683-stock-photo-old-worn-and-cracked-asphalt.jpg. Acesso em 20 de setembro, às 14h50.

Portal Metálica: Construção Civil. Aços Estruturais. Disponível em: http://www.metalica.com.br/pg_dinamica/bin/pg_dinamica.php?id_pag=483 . Acesso em 20 de agosto de 2018, às 12h

Portal Tecnosil. Retração do Concreto. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/retracao-do-concreto-o-que-e-e-como-minimiza-la-2/>. Acesso em 20 de Setembro de 2018, às 15h

Portal UnionTech. Junta de Dilatação Neoprene. Disponível em: <http://www.uniontech.com.br/imagens/informacoes/junta-dilatacao-perfil-neoprene-03.jpg>. Acesso em 20 de Setembro de 2018, às 15h20.

ROUVENAT, Fernanda. *Crea-RJ termina relatório e aponta falhas em projeto de ciclovia que caiu*. Portal de Notícias da Globo, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/05/crea-rj-termina-relatorio-e-aponta-falhas-em-projeto-de-ciclovia-que-caiu.html>. Acesso em 13 de agosto de 2018, às 14h.

SANTOS, Aleilson Vilas-Boas dos. *Corrosão de armadura em estruturas de concreto armado devido a carbonatação*. Instituto de Pós-Graduação – IPOG Salvador, Bahia, 2015

SANTOS, José António dos. *Patologias em Obra de Arte*. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade de Aveiro, 2008. Disponível in: Repositório Internacional de Aveiro <http://ria.ua.pt/bitstream/10773/2334/1/2009000891.pdf>. Acesso em 21 de Março de 2018, às 2h.

SILVA, Adriano de Paula e. *Manifestações patológicas nas edificações*. Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

SOUZA, Vicente Custódio Moreira de; RIPPER, Thomaz. *Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto*. São Paulo. Pini, 1998.

UNIFOA – Centro Universitário de Volta Redonda: Normatização para Trabalhos de Conclusão de Curso do Centro Universitário de Volta Redonda, Volta Redonda, 2016.

Unitech Tecnologia de Juntas. Patologia em Junta de Dilatação. <http://www.uniontech.com.br/imagens/informacoes/recuperacao-junta-dilatacao-01.jpg>. Acesso em 20 de setembro de 2018, às 16h30.

VELLOSO, Dirceu A.; LOPES, Francisco R. *Fundações Vol 1- Critérios de Projetos, Investigação do subsolo*. Editora Oficina de Textos, São Paulo/SP, 2004.

VITÓRIO, José Afonso Pereira. *Fundamentos da Patologia da estrutura nas perícias de engenharia*. Instituto Pernambucano das Avaliações nas Perícias de Engenharia. Recife, 2003.

VITÓRIO, José Afonso Pereira *Pontes e viadutos rodoviários:conceituação, conservação, segurança e reforço estrutural*. Recife, 2015.

XVIII COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 2015. Disponível em: <http://belohorizonte.mg.gov.br/evento/2015/09/xviii-cobreap-congresso-brasileiro-de-engenharia-de-avaliacoes-e-pericias>. Acesso em 20 de setembro de 2018, às 14h40.