Inspeção Visual de Pontes e Viadutos de Concreto Armado em Curitiba e Região Metropolitana com Base na NBR 9452/2016 – Estudo de Casos

REVISTA ELETRÔNICA MULTIDISCIPLINAR
UNIFACEAR

Alice Vieira de Almeida[1]; Crislayne dos Santos[1]; Nataliê Mayara Plantes dos Anjos[1]; Lauri Anderson Lenz[1]; Elaine Souza Marinho[1]; Kirke Andrew Wrubel Moreira[1]
[1] *Centro Universitário UNIFACEAR*

RESUMO
Grande parte das pontes e viadutos construídos no Brasil têm mais de 30 anos e, com o seu envelhecimento, estas estruturas podem apresentar algumas manifestações patológicas que alertam para a necessidade de manutenção corretiva. Diante disso, houve a revisão da ABNT NBR 9452 em 2016, trazendo novidades para o gerenciamento da manutenção de pontes, viadutos e passarelas de concreto. A norma busca avaliar as condições das Obras de Arte Especiais (OAEs) sob os aspectos de segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade, atribuindo notas de 1 a 5 para cada parâmetro. Neste contexto, esta pesquisa teve como objetivo a realização de inspeções rotineiras em cinco OAEs de concreto armado de Curitiba e Região Metropolitana, avaliando suas condições de segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade. Através das inspeções foram constatadas a presença de algumas manifestações patológicas, como corrosões, deterioração do concreto, manchas de umidade, aberturas e vegetação incrustadas nas estruturas, foram realizadas análises dessas anomalias, assim como atribuídas notas de classificação com base na NBR 9452/2016. A partir das análises das manifestações patológicas observadas, chegou-se à conclusão que nenhuma das OAEs inspecionadas apresenta condições satisfatórias para receber a nota máxima de classificação, pois todas necessitam de algum tipo de intervenção. As notas atribuídas ficaram em torno de 2 a 4, sendo a nota 3, regular, a mais recorrente.

Palavras chave: Inspeção, OAE, Manifestações patológicas.

ABSTRACT
Most bridges and viaducts built in Brazil are over 30 years old and, with their aging, these structures may present some pathological manifestations that warn of the need for corrective maintenance. Given this, there was a revision of ABNT NBR 9452 in 2016, bringing news for the management of maintenance of bridges, viaducts and concrete walkways. The standard seeks to evaluate the conditions of bridges and viaducts under the aspects of structural safety, functionality and durability, giving grades from 1 to 5 for each parameter. In this context, this research aimed to perform routine inspections in five reinforced concrete bridges and viaducts of Curitiba and Metropolitan Region, evaluating their structural safety conditions, functionality and durability. Through the inspections, the presence of some pathological manifestations were verified, such as corrosion, concrete deterioration, moisture stains, openings and vegetation embedded in the structures, analyzes of these anomalie, as well as classification scores based on NBR 9452/2016. From the analysis of the observed pathological manifestations, it was concluded that none of the inspected bridges and viaducts presents satisfactory conditions to receive the maximum classification note, since all need some kind of intervention. The grades awarded were around 2 to 4, with the regular grade 3 being the most recurrent.

Key Words: Inspection, Bridges and viaducts, Pathological manifestations.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento urbano, e a necessidade do fluxo contínuo em larga escala de pessoas e cargas, tiveram grande avanço ao longo da História a partir da construção de pontes e viadutos que permitiram a conexão entre localidades separadas por vales, cursos d'água ou regiões montanhosas.

Em um país onde grande parte do transporte de mercadorias e pessoas é realizado através das malhas rodoviárias, como é o Brasil, as pontes e os viadutos são obras de primordial importância na economia e na sociedade, compondo, segundo dados de 2017 da Confederação Nacional dos Transportes (CNT), 3% da malha rodoviária do País, que corresponde a 54.972 quilômetros.

A durabilidade das estruturas de concreto armado é uma questão que preocupa a indústria da construção civil. As ações do ambiente e de utilização da estrutura relacionados à concepção e ao projeto da estrutura, aos seus materiais e às condições de execução causam danos ou obsolescência e, associados ao processo natural de envelhecimento, podem reduzir a capacidade das Obras de Arte Especiais (OAEs) de atenderem aos requisitos de uso, ou seja, funcionalidade, segurança estrutural e durabilidade. (MITRE, 2005).

Diversas obras que sofreram graves danos ou até ruína atestam a importância do controle das condições das OAEs para a solução inicial de problemas que podem atingir proporções catastróficas. De forma geral, no Brasil existe uma cultura da falta de manutenção das obras públicas. Isso ocorre em função da maior preocupação dos órgãos responsáveis pela execução das obras, não havendo estratégias para sua conservação, o que pode ser comprovado com a simples observação das pontes e viadutos componentes da malha viária brasileira que estão, em uma grande parte, deterioradas. (VITÓRIO, 2006).

Publicações nacionais e internacionais recentes apresentam e discutem alguns incidentes relacionados ao colapso de OAEs, como o viaduto na marginal Pinheiros que em 2018 cedeu cerca de 2 metros, denunciando o descaso do poder público na adoção de medidas preventivas dessas OAEs. Portanto, é essencial o acompanhamento do estado de conservação das pontes e viadutos, determinando as manutenções que devem ser realizadas, assim como a periodicidade das mesmas, o que pode ser feito através da realização de inspeções e vistorias, desde o momento da conclusão da obra e durante toda a sua vida útil.

A revisão da ABNT NBR 9452 em 2016 trouxe novidades para o gerenciamento da manutenção de pontes, viadutos e passarelas de concreto. A alteração do texto procurou tornar a inspeção dessas estruturas mais clara e objetiva. Neste contexto, a norma busca avaliar as condições das OAEs sob os aspectos de segurança estrutural,

funcionalidade e durabilidade, fornecendo subsídios para elaborar uma gestão de manutenção destas estruturas. (NAKAMURA, 2017).

2. DESENVOLVIMENTO

As obras de arte especiais de engenharia, projetadas para uma vida útil longa, em função das atuais necessidades de tráfego, acabam sujeitas à diversas situações como: ações das intempéries, sobrecargas excessivas, alargamento de pistas e principalmente à falta de manutenção. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo inspecionar visualmente cinco pontes e viadutos de concreto armado de Curitiba e Região Metropolitana, avaliando suas condições de segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade através da classificação de acordo com o disposto na NBR 9452/2016.

2.1 PONTES E VIADUTOS

De acordo com Bastos e Miranda (2017) as pontes e os viadutos urbanos são indispensáveis na vida cotidiana da população, pois os principais escoamentos de vias são definidos por essas construções, que articulam cruzamentos de grandes avenidas e encurtam os caminhos, compensando acidentes geográficos.

Segundo a NBR 9452 (ABNT, 2016), a principal diferença entre as pontes e os viadutos é o tipo de obstáculo que cada um transpõe. As pontes vencem obstáculos constituídos por canais aquíferos, já os viadutos transpõem obstáculos constituídos por rodovias, ferrovias, vales, contorno de encostas e grotas. A Figura 1 demonstra essa diferença.

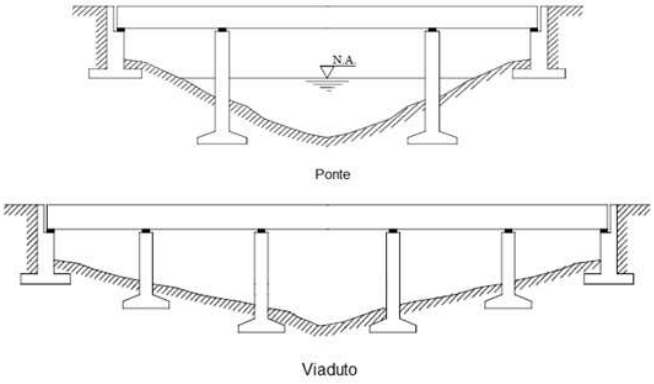


FIGURA 1: ESQUEMA DE PONTES E VIADUTOS.
FONTE: DEBS e TAKEYA, 2009.

De acordo com Marchetti (2008) todas as pontes e viadutos de concreto devem atender a alguns requisitos básicos, dentre eles:

a) Funcionalidade: a estrutura deve atender as vazões de tráfego em sua totalidade;
b) Segurança: os materiais utilizados na construção devem ter às tensões admissíveis superiores as solicitantes;
c) Estética: deve apresentar um bom aspecto e ser harmonioso com o ambiente em que está situada;
d) Durabilidade: deve atender a todas as exigências de uso durante o período previsto em projeto.
e) Econômica: escolher a obra mais barata, mas que satisfaça os requisitos anteriores.

As OAEs são definidas em três partes essenciais. A primeira é a infraestrutura, que se destina a transmissão dos esforços para o terreno (rocha ou solo). A segunda é a mesoestrutura, que recebe os esforços da superestrutura e os transferem para a infraestrutura. E por último a superestrutura, que é a parte útil que suporta a via, composta de lajes e vigas. (MARCHETTI, 2008).

2.2 INSPEÇÕES

Segundo Araujo (2017), durante toda a sua vida útil, as OAEs estão expostas às ações das intempéries, que podem ocasionar desde o seu envelhecimento e desgaste natural da estrutura, até à incidência de cargas acidentais.

Para manter o desempenho e a durabilidade das OAEs e prevenir o surgimento de manifestações patológicas, é necessário à realização de inspeções ao longo das etapas de operação. (CRUZ, 2017).

A NBR 9452 (ABNT, 2016) define inspeção em estruturas de concreto como sendo a junção entre métodos técnicos e especializados, com a realização de coleta de dados para elaboração de diagnóstico e prognóstico estrutural, para preservar as características de segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade. Também define os procedimentos e os tipos de inspeções a serem realizadas nas OAEs, que são as seguintes:

a) Inspeção cadastral;
b) Inspeção rotineira;
c) Inspeção especial;
d) Inspeção extraordinária.

A inspeção cadastral é realizada, preferencialmente, logo após a conclusão da OAE. Isso porque é o momento que encontra-se disponível todas as informações referente a estrutura, com todos os projetos disponíveis, e servirá como base para todas as inspeções seguintes. Portanto deve ser realizada de forma detalhada. (DNIT, 2004).

A NORMA 010 do DNIT (2004) informa que nas inspeções rotineiras a evolução de falhas detectadas anteriormente devem ser verificadas visualmente, anotando também as novas falhas que possam ter surgido assim como qualquer modificação de projeto realizada no período.

As inspeções especiais são inspeções minuciosas e devem ser realizadas no máximo a cada cinco anos. Todos os componentes da estrutura devem ser analisados, mesmo os de difícil acesso, podendo ser necessário o uso de equipamentos como lunetas, andaimes e veículos especiais com lança e gôndolas. (DNIT, 2004).

A inspeção extraordinária é realizada em situações não programadas, como a necessidade de avaliar com mais cuidado uma parte da estrutura. Essa avaliação pode ser gerada por inspeção anterior ou não, também pela ocorrência de impacto sobre a OAE, de veículo, trem ou embarcação, ou ocorrência de fenômenos da natureza como inundação, vendaval, sismo e outros. (ABNT, 2016).

2.3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

O crescimento frenético da indústria da construção civil trouxe inovações e desenvolvimento tecnológico, aceitando, dentro de certos limites, maiores riscos. Isso, consequentemente, aumentou o conhecimento das estruturas e materiais, devido a realização de estudos e análises do conjunto de fatores denominado deterioração estrutural. A soma desses fatores levou a um novo campo de estudos, chamado Patologia das Estruturas, que investiga as origens, formas de manifestação, as consequências e como ocorrem as falhas e a degradação das estruturas. (SOUZA; RIPPER, 2009).

De acordo com Ripper (2002) as principais causas de problemas patológicos em estruturas de concreto no Brasil são provenientes da concepção e projeto, dos materiais, da execução e utilização, sendo a fase de execução responsável por mais da metade do surgimento de manifestações patológicas, devido a baixa qualidade técnica dos profissionais menos qualificados.

Segundo Bastos e Miranda (2017) as principais ocorrências patológicas em pontes e viadutos no Brasil e no mundo são: fissuras, desagregação, falhas nas instalações de drenagem, falhas na pista de rolamento, falhas na concretagem, abrasão e corrosão.

As fissuras e trincas são as manifestações patológicas mais recorrentes em pontes e viadutos de concreto armado, podendo ter origens diversas. Essas aberturas podem ser passivas, quando atingem amplitude máxima e estabilizam devido ao fim das causas que as geraram, ou ativas, quando são produzidas devidas ações que provocam deformações variáveis, como as fissuras de origem térmica. (VITÓRIO, 2003).

De acordo com Vitório (2003) a anomalia chamada de desagregação é a

separação de partes do concreto, gerada normalmente pela expansão das armaduras devido à dilatação ou oxidação, e devido à absorção de água pelo concreto, o que aumenta o seu volume.

As falhas nas instalações de drenagem podem acarretar a degradação do concreto e das armaduras, portanto é importante que o dimensionamento seja realizado da maneira correta, para que não haja a acumulação de água em pontos críticos da estrutura, como nos encontros de apoios de vigas, nos aparelhos de apoio e nos encontros com tabuleiros. (BASTOS e MIRANDA, 2017).

De acordo com Sartorti (2008) as falhas na pista de rolamento são as que mais afetam a segurança do tráfego de veículos e interferem o fluxo. As principais falhas encontradas nas pistas em pontes e viadutos são: falta de declividade para escoamento da água, irregularidades na pavimentação, falhas nas juntas do tabuleiro, desnível do tabuleiro e efeitos de erosão.

Já as falhas na concretagem são ocasionadas por erros durante a produção, adensamento e lançamento do concreto, causando a falta de aderência entre as camadas de concreto e a exposição das armaduras. (MUNARO e POSSAN, 2017).

A NORMA 090 do DNIT (2006) define abrasão como sendo a perda de forma gradual e continuada de agregados de uma determinada área e de argamassa da superfície. Pode ser classificada de acordo com a profundidade do desgaste, que é dividido em desgaste leve, médio, pesado e severo.

A corrosão pode ser definida como o resultado de uma interação entre um material e o meio ambiente, o que acarreta algumas reações químicas ou eletroquímicas que podem, ou não, ser associadas a ações físicas ou mecânicas, levando a deterioração do material em questão. (SOARES, VASCONCELOS e NASCIMENTO, 2015).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Primeiramente foi escolhida a amostra para realização das inspeções, priorizando as estruturas de concreto armado que evidenciavam apresentar alguma manifestação patológica e que possuem facilidade de acesso. Foram escolhidas cinco OAEs, sendo uma ponte e um viaduto rodoviário situados em Curitiba, um viaduto rodoviário situado em Araucária, uma ponte localizada na divisa de Curitiba com Araucária e um viaduto ferroviário localizado na Lapa. A Figura 2 mostra a localização das OAEs.



FIGURA 2: LOCALIZAÇÃO DAS OAES INSPECIONADAS.
FONTE: AS AUTORAS, 2019.

O próximo passo foi realizar o reconhecimento dos locais antes de iniciar as inspeções, para um melhor planejamento das ações e para verificar a possibilidade de acesso aos elementos das estruturas. As visitas ocorreram nos dias 14 e 15 de setembro de 2019, no primeiro dia foram visitadas as OAEs de Curitiba e Araucária e no segundo o viaduto situado na Lapa.

Em seguida iniciou-se as inspeções, seguindo os procedimentos para inspeções rotineiras, verificando de forma visual a existência de manifestações patológicas nos elementos acessíveis das OAEs e fazendo os levantamentos fotográficos das anomalias observadas. As obras localizadas em Curitiba e Araucária foram inspecionadas no dia 28 de setembro de 2019 e o viaduto ferroviário da Lapa no dia 29 de setembro de 2019.

Concluídas as inspeções e analisados seus dados, foi feita a classificação das estruturas, com base na NBR 9452 (ABNT, 2016), atribuindo-se notas de 1 a 5 para cada parâmetro, sendo a nota 5 excelente, nota 4 boa, nota 3 regular, nota 2 ruim e nota 1 crítica.

4. RESULTADOS

O Quadro 1 apresenta as nomenclaturas adotadas para as OAEs selecionadas, o município a qual pertence assim como as suas dimensões.

QUADRO 1 – NOMENCLATURAS, EXTENSÃO E MUNICÍPIO DAS OAES

Nomenclatura	Município	Extensão (m)	Largura (m)
Ponte Rua Engenheiros Rebouças	Curitiba	24,0	16,0
Ponte da Caximba	Divisa Araucária-Curitiba	40,0	5,0
Viaduto Rua Vicente Micheloto	Curitiba	150,0	20,0
Viaduto sobre a PR-423	Araucária	12,0	22,0
Viaduto Ferroviário	Lapa	46,0	5,0

FONTE: AS AUTORAS (2019)

4.1 PONTE RUA ENGENHEIROS REBOUÇAS

A Ponte Rua Engenheiros Rebouças é caracterizada como uma ponte em viga construída em concreto armado, destinada ao tráfego de veículos e pessoas. Possui três faixas de tráfego de sentido único para veículos, e passeios para pedestres dos dois lados.

A partir da inspeção rotineira realizada na ponte foi possível observar que a OAE apresenta alguns tipos de manifestações patológicas, distribuídas por toda a estrutura, como corrosão do concreto e de armaduras, manchas de umidade, desplacamento e vegetação incrustada. A maior parte dessas anomalias foram visualizadas na região da superestrutura, como nos guarda-corpos e nas vigas longitudinais externas.

Há alguns pontos dos guarda-corpos que apresentam vazios de concretagem, demonstrando a importância da execução adequada dessa etapa, pois possivelmente esses vazios são provenientes da má execução dos serviços de lançamento e adensamento do concreto. Também houve o desplacamento do concreto, que pode ter ocorrido devido a impactos de veículos sobre a estrutura, ocasionando a quebra de parte do concreto a partir da localização das armaduras, deixando-as expostas.

Nas vigas longitudinais da OAE foi identificado problemas de deterioração do concreto, exposição e corrosão das armaduras, presença de musgos e vegetação crescendo na estrutura e manchas de umidade.

As armaduras da viga longitudinal externa de um dos lados da ponte possuem vários pontos de exposição em processo de corrosão, devido a deterioração do concreto, que pode ter ocorrido por diversos fatores, como baixa qualidade do concreto e alta porosidade, reação química causada por agentes agressivos do meio ambiente ou reações internas. A Figura 3 mostra um dos pontos onde ocorre essa manifestação patológica.



FIGURA 3: CONCRETO DETERIORADO E ARMADURA EXPOSTA COM CORROSÃO.
FONTE: AS AUTORAS, 2019.

Levando em conta as anomalias identificadas na Ponte Rua Engenheiros Rebouças, foi atribuída nota 2 para o parâmetro estrutural, classificando a estrutura como

ruim. Isso demonstra que a ponte apresenta danos que podem comprometer a segurança estrutural, sem risco imediato, mas que sua evolução pode levar a estrutura ao colapso, necessitando neste caso de intervenções a curto prazo. Para o parâmetro funcional a nota de classificação foi a 3, considerando que os guarda-corpos da OAE estão bastante danificados, representando desconforto aos usuários. E no parâmetro de durabilidade a ponte foi considerada ruim, com nota 2 de classificação, devido apresentar diversos tipos de manifestações patológicas, principalmente em elementos estruturais, o que compromete sua vida útil.

4.2 PONTE DA CAXIMBA

A Ponte da Caximba caracteriza-se como uma ponte construída em concreto armado, destinada ao tráfego de veículos e pessoas. Possui uma única faixa de tráfego para atender os dois sentidos da via e não possui local adequado para passagem de pedestres.

Através da inspeção rotineira realizada na ponte foram constatadas algumas manifestações patológicas em sua estrutura como pontos com exposição de armaduras e corrosão, segregação e falhas na pista de rolamento.

A região que mais apresentou manifestações patológicas foi a superestrutura, principalmente na parte superior do tabuleiro, que possui trincas no pavimento, guarda-corpos bastante danificados com vários pontos de exposição de armaduras e corrosão, lama nas laterais da pista de rolamento, obstruindo alguns tubos de queda de água pluvial.

Os guarda-corpos da OAE estão bastante deteriorados, sendo visível a falta de manutenção desses elementos que são fundamentais para a segurança dos usuários, principalmente sendo uma ponte considerada estreita e sem passeio para pedestres. As vigas da base dos guarda-corpos estão em praticamente toda a sua extensão com o concreto desgastado e as armaduras expostas e em processo de corrosão. Parte dessas vigas é mostrada na Figura 4.



FIGURA 4: BASE DO GUARDA-CORPOS DANIFICADA.
FONTE: AS AUTORAS, 2019.

Devido à ausência de equipamentos especiais não foi possível inspecionar a infraestrutura da ponte. E a inspeção na mesoestrutura foi prejudicada devido à dificuldade de acesso aos elementos, mas foi possível observar a presença de muitos galhos presos na base dos pilares.

Uma vez que não foram constatados grandes danos na estrutura da OAE em estudo, levando em conta os critérios de classificação presentes na NBR 9452 (ABNT, 2016), a nota atribuída para o parâmetro estrutural foi 4, portanto a estrutura da Ponte da Caximba é considerada boa. Já para o parâmetro funcional a ponte foi considerada ruim, com nota 2, pois seus guarda-corpos estão danificados, não existe locais adequados para a travessia de pedestres e a largura não comporta os dois sentidos de tráfego. No quesito durabilidade a nota atribuída foi 3, regular, visto que a OAE não apresenta tantas anomalias, porém transpõem rio bastante poluído e com acúmulo de entulhos presos nos pilares, que podem prejudicar a durabilidade da ponte se não houver ações para limpeza.

4.3 VIADUTO RUA VICENTE MICHELOTO

O viaduto localizado na Rua Vicente Micheloto sobre a BR 376 fica no bairro Cic de Curitiba, possui 4 vias para o tráfego de veículos e um passeio para pedestres. Por fazer a ligação entre a PR 421 e a BR 376, é um viaduto de bastante tráfego de veículos e caminhões e é uma das principais ligações entre os municípios de Araucária e Curitiba. A inspeção foi realizada apenas na pista sentido Curitiba.

Com base na inspeção rotineira realizada, foi constatado que o viaduto possui manifestações patológicas em diversos pontos, como rachaduras no pavimento e nos encontros, vegetação na estrutura, manchas de umidade, defeitos no guarda-corpos, indícios da ação do fogo na base dos pilares e defeitos nos taludes. Grande parte das manifestações patológicas encontradas estão presentes na superestrutura e são provenientes principalmente de intempéries e impactos contra a estrutura.

Foram observadas algumas anomalias nas defensas de concreto que separam a via de tráfego de veículos do passeio de pedestres, como manchas de umidade em toda a sua extensão devido às intempéries do local. Além das manchas de umidade, as defensas estão parcialmente destruídas por provável impacto de veículo contra a estrutura acarretando em quebra do concreto e exposição da armadura no local.

Foi observado acúmulo de sujeira em vários pontos do viaduto, com presença de musgo devido à umidade, obstruindo o sistema de drenagem da via, o que pode dar início a outras manifestações patológicas com o acúmulo de água, podendo gerar infiltrações e corrosões nas armaduras.

Na região da mesoestrutura foi constatada a presença de vegetação incrustada no encontro do viaduto e também uma rachadura na região. A maior preocupação nesse ponto é se essa rachadura é ativa ou passiva, necessitando de uma investigação mais aprofundada. A Figura 5 ilustra essa manifestação patológica.



FIGURA 5: RACHADURA NO ENCONTRO DO VIADUTO.
FONTE: AS AUTORAS, 2019.

Como no momento não é possível detalhar as causas e possíveis consequências das anomalias observadas na região do encontro do viaduto e não foram observados danos nos demais elementos estruturais, a nota atribuída para o parâmetro estrutural foi 3, considerando a estrutura como regular, recomendando o acompanhamento das manifestações patológicas visualizadas. O viaduto também foi considerado regular quanto a funcionalidade, com nota 3, visto que a via possui irregularidades e vegetação que obstruem os sistemas de drenagem e tanto as defensas quanto os guarda-corpos possuem partes quebradas. E para o parâmetro de durabilidade a nota atribuída foi 4, visto que realizando as manutenções necessárias o viaduto pode ter boa vida útil.

4.4 VIADUTO SOBRE A PR-423

O Viaduto sobre a PR-423 é localizado na Rodovia do Xisto e transpõem a PR-423 sentido Campo Largo. Possui quatro faixas de tráfego, duas sentido Curitiba e duas sentido Araucária, tem um único vão e não possui pilares, a laje do tabuleiro é apoiada diretamente nas paredes do encontro.

Durante a inspeção rotineira foram encontradas algumas manifestações patológicas no viaduto, como mancha de umidade e infiltração, desplacamento e falhas do concreto e exposição de armadura, brecha, vegetação na estrutura e danos no pavimento. Os fatos que mais chamam atenção é a umidade e algumas aberturas na estrutura.

As infiltrações afloram na estrutura através de falhas visíveis no concreto, que aparenta ser de má qualidade com porosidade elevada. A Figura 6 mostra alguns pontos em que ocorrem essas infiltrações.



FIGURA 6: INFILTRAÇÕES NO VIADUTO.
FONTE: AS AUTORAS, 2019.

Em um dos pontos que possui mancha ocasionada pela água foi constatada a presença de uma brecha que facilita a infiltração, é possível perceber que houve segregação do concreto, o que ocasionou falhas na concretagem, deixando a região mais suscetível a aparição de anomalias, como a brecha e a infiltração.

O escoamento de água pluvial se dá através de canaletas de concreto instaladas nas cabeceiras do viaduto, porém há muita vegetação em volta desses elementos que dificultam o escoamento da água.

Visto que há uma grande quantidade de infiltrações na estrutura, que podem vir a gerar graves consequências se não houver intervenções, e a aparente baixa qualidade do concreto, o viaduto foi considerado ruim para o parâmetro estrutural, com a nota 2 de classificação. Já para o parâmetro funcional a OAE obteve nota 4, sendo considerada boa pois possui apenas alguns danos no pavimento, que não causam insegurança aos usuários. No caso do parâmetro de durabilidade foi atribuída nota de classificação 2, pois as anomalias observadas podem diminuir a vida útil da estrutura.

4.5 VIADUTO FERROVIÁRIO

O Viaduto Ferroviário é localizado sobre a Rodovia do Xisto, BR-476, no Zoneamento Urbano da Lapa, região metropolitana de Curitiba – PR. É somente ferroviário e seu tráfego é leve.

Na inspeção rotineira realizada no viaduto foram encontradas diversas manifestações patológicas, uma das principais é em relação as falhas de drenagem do viaduto, aparentemente não foram realizadas manutenções nos sistemas, e os dispositivos se encontram danificados.

Em alguns pontos dos condutores se tem considerável perda de seção e muita ferrugem, também é possível visualizar manchas de umidade por toda a extensão do viaduto. Além de ferrugem nos equipamentos de drenagem, foi constatado que alguns condutores estão desconectados.

Na região do encontro do viaduto foi notada a presença de uma rachadura cisalhando a viga, que pode ter sido causada pela movimentação excessiva durante a passagem dos trens, que possuem grande peso.

Foi encontrada uma armadura exposta na parte inferior da viga próximo aos apoios do viaduto, é uma exposição perigosa devido ao cobrimento ser menor do que o necessário. As armaduras também estão muito próximas o que não permitiu a aderência entre o aço e o concreto, como mostra a Figura 7.



FIGURA 7: ARMADURAS EXPOSTAS E EM PROCESSO DE CORROSÃO.
FONTE: AS AUTORAS, 2019.

Levando em consideração as anomalias observadas, como a corrosão de armaduras, a nota de classificação da OAE no quesito estrutural é 3, regular, pois os danos no viaduto podem gerar deficiência estrutural, mas não há sinais de instabilidade. Para o parâmetro funcional também foi atribuída nota 3, devido as falhas no sistema de drenagem. Assim como os demais parâmetros, a durabilidade do viaduto foi considerada regular, com a nota 3, pois contém anomalias que podem vir a comprometer sua vida útil.

4.6 RESUMO DAS CLASSIFICAÇÕES

A nota mais utilizada para classificar as OAEs estudadas, considerando os parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade, foi a 3, regular, principalmente para o parâmetro funcional. No Quadro 2 é apresentado um resumo com as notas atribuídas.

QUADRO 2 – RESUMO DAS NOTAS DE CLASSIFICAÇÃO

OAE	PARÂMETRO		
	Estrutural	Funcional	Durabilidade
Ponte Rua Engenheiros Rebouças	2	3	2
Ponte da Caximba	4	2	3
Viaduto Rua Vicente Micheloto	3	3	4
Viaduto Sobre a PR-423	2	4	2
Viaduto Ferroviário	3	3	3

FONTE: AS AUTORAS (2019)

5. CONCLUSÃO

Para interpretação e análise dos dados coletados durante as inspeções rotineiras realizadas nas cinco Obras de Arte Especiais de Curitiba e Região Metropolitana, a utilização da ABNT NBR 9452/2016 foi de suma importância, pois a norma fornece roteiros detalhados e fichas que auxiliaram na organização e no registro das informações.

Com base nas análises das manifestações patológicas observadas, conclui-se que nenhuma das OAEs inspecionadas apresenta condições satisfatórias para receber a nota máxima 5 de classificação, excelente, pois todas necessitam de algum tipo de intervenção. Em contrapartida, nenhuma foi considerada em situação crítica, com nota 1.

É importante ressaltar que as notas atribuídas não podem ser consideradas absolutas, pois a interpretação dos resultados obtidos pode ser subjetiva, de acordo com a experiência e conhecimento do profissional que os analisa.

Contudo, o resultado e os dados obtidos a partir das inspeções rotineiras realizadas nas OAEs são bastante relevantes, pois alertam sobre a falta de manutenção e a necessidade de algumas intervenções nessas estruturas, a fim de garantir o atendimento dos seus requisitos de uso, como segurança estrutural, funcionalidade e durabilidade, e podem servir como base para inspeções futuras utilizando a NBR 9452/2016.

6. REFERÊNCIAS

ARAUJO, C. J. R. V. (São Paulo). Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Principais aspectos abordados na ABNT NBR 9452:2016, a importância das atividades de manutenção em pontes e viadutos e as dificuldades das condições de acesso às inspeções.** Revista IPT | Tecnologia e Inovação, São Paulo, v. 1, n. 5, p.18-40, ago. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro, 2016.

BASTOS, H. C. N.; MIRANDA, M. Z. **Principais Patologias em Estruturas de Concreto de Pontes e Viadutos: Manuseio e Manutenção das Obras de Arte Especiais.** Revista CONSTUINDO, Belo Horizonte, v 9, Ed. Esp. de Patologia. Belo Horizonte, 2017.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRANSPORTES. **Pesquisa CNT de rodovias 2017: relatório gerencial**. Brasília : CNT : SEST : SENAT, 2017. Disponível em: < http://www.nova381.org.br/site/arquivos/pesquisa_cnt_2017.pdf>. Acesso em: 26 maio 2019.

CRUZ, R. B. C. et. al.. **Contribuições sobre Inspeções em Pontes e Viadutos Conforme NBR 9452:2016 – Vistoria de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto**. Engenharia Estudo e Pesquisa, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p.19-29, jan./jun., 2017. Semestral.

DEBS, M. K. E.; TAKEYA, T. **Introdução às Pontes de Concreto**. São Carlos, 2009.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **NORMA DNIT 010/2004**: **Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2004. 18 p.

_____. **NORMA DNIT 090/2006: Patologias do concreto – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2006. 10 p.

MARCHETTI, O. **Pontes de concreto armado.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2008.

MITRE, M. P. **Metodologia para inspeção e diagnóstico de pontes e viadutos de concreto** / M. P. Mitre – São Paulo, 2005.

MUNARO, R.; POSSAN, E. **Análise da Falha de Concretagem de Pilares de Uma Edificação: Estudo de Caso**. Revista Técnico-Científica CREA-PR, p. 1-15, 2017.

NAKAMURA, J. **Revista Digital AECweb**, 2017. Disponível em:< https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/novos-procedimentos-para-inspecao-de-pontes-viadutos-e-passarelas_16119_10_22>. Acesso em: 03 jun. 2019.

SARTORTI, A. L. **Identificação de Patologias em Pontes de Vias Urbanas e Rurais no Município de Campinas-SP**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

SOARES, A. P. F.; VASCONCELOS, L. T.; NASCIMENTO, F. B. C. (Maceió). Ciências exatas e tecnológicas. **Corrosão em Armaduras de Concreto**. Cadernos de graduação ciências exatas e tecnológicas. Maceió, v. 3, n.1, p. 177-188, nov. 2015.

SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1. Ed. 5. Tiragem. São Paulo: Editora PINI LTDA, abril/2009.

VITÓRIO, A. **Fundamentos da patologia das estruturas nas perícias de engenharia**. Instituto Pernambucano de Avaliações e Perícias de Engenharia. Recife, 2003.

VITÓRIO, J. A. P. **Vistorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 48., 2006, Recife. ANAIS DO 48°. Recife: Ibracon, 2006.