

A associação de novas tecnologias a métodos tradicionais de vistorias em obras de arte especiais

The association of new technologies with traditional inspection methods in special works of art

DOI:10.34117/bjdv7n6-721

Recebimento dos originais: 07/05/2021

Aceitação para publicação: 30/06/2021

Manfredo Frederico Felipe Hoppe

Mestre em Engenharia Civil (CEFET-MG)

Instituição de atuação atual: Universidade Federal de Minas Gerais (Doutorando)

Endereço: Rua Pelegrino de Paulo Ferreira, 403 Contagem - Minas Gerais, 32017-400

E-mail: hoppearquitetura@hotmail.com

Renato Cesar Ferreira de Souza

PHD - (University of Sheffield, Reino Unido)

Instituição de atuação atual: Universidade Federal de Minas Gerais (Professor)

Endereço completo: R. Paraíba, 697 - Savassi, Belo Horizonte - MG, 30130-141

E-mail: rcesarfs@gmail.com

Camila Daniely Costa

Graduação - Engenharia Civil (Centro Universitário UNIBH)

Instituição de atuação atual: Centro Universitário UNIBH

Endereço: Rua Silva Fortes, 385, apto 102, Bairro União, 31160-320

E-mail: costacamilaengcivil@gmail.com

Daylaine Aguiar Santos

Graduação - Engenharia Civil (Centro Universitário UNIBH)

Instituição de atuação atual: Centro Universitário UNIBH

Endereço: Ministro Clóvis Salgado, 545, São Miguel Barão de Cocais MG CEP 35970-000

E-mail: daylaine@hotmail.com

Cynara Fiedler Bremer

Pós Doutora pela Universidad de Granada, Espanha

Instituição de atuação atual: Universidade Federal de Minas Gerais (Professora)

Endereço: R. Paraíba, 697 - Savassi, Belo Horizonte - MG, 30130-141

E-mail: cyfiedler@gmail.com

RESUMO

A falta de manutenção preventiva em obras de arte especiais pode gerar danos econômicos, sociais, riscos à segurança da população e a redução da vida útil de suas estruturas. A determinação adequada das causas das patologias é importante para a escolha dos métodos de recuperação e, diante disso, o trabalho analisa a importância do uso de novas tecnologias associadas a metodologias tradicionais de vistorias técnicas em

obras de artes especiais para auxiliar a elaboração de planos de ações preventivas para que estejam em condições estáveis de utilização. Devido suas características construtivas e importância histórica, o viaduto Santa Tereza, em Belo Horizonte, foi utilizado como estudo de caso. Na vistoria foram feitos levantamentos em campo com uso de Drones e fissurômetros, análises do espaço urbano, modelos 3D, nuvens de pontos e ortomosaicos. O foco do trabalho não é a vistoria técnica, porém sua realização foi fundamental para o desenvolvimento da pesquisa. Conclui-se que tais instrumentais tornam eficaz a avaliação e o acompanhamento das patologias, que compreender a dinâmica socioespacial e fundamental para definir as melhores propostas de intervenção e que a ausência de políticas de manutenção, associados ao mau uso e ao vandalismo, são os principais fatores para deterioração das estruturas.

Palavras-chaves: Manutenção preventiva, Obras de Artes especiais, Políticas públicas, Tecnologia.

ABSTRACT

The lack of preventive maintenance in special works of art can generate economic and social damages, risks to the safety of the population and the reduction of the useful life of its structures. The determination of the causes of pathologies is important for the choice of recovery methods and, in light of this, the work analyzes the importance of using new technologies associated with traditional methodologies of technical surveys in special art works to assist in the preparation of preventive action plans so they can select under stable conditions of use. Obligations its constructive characteristics and historical importance, the Santa Tereza viaduct, in Belo Horizonte, was used as a case study. In the survey, field surveys were carried out using Drones and fissurometrô, analyzes of the urban space, 3D models, point clouds and orthomatics. The focus of the work is not the technical survey, but yours was fundamental for the development of the research. It is concluded that such instruments become effective in the evaluation and monitoring of pathologies, which comprises the socio-spatial dynamics and fundamental to define the best intervention proposals and that the absence of maintenance policies, associated with misuse and vandalism, are the main factors for deterioration of structures.

Keywords: Preventive maintenance, Special Arts Works, Public policy, Technology.

1 INTRODUÇÃO

Segundo Araújo (2014), obras de artes especiais (OAE) caracterizadas como pontes, pontilhões, passarelas e viadutos, são estruturas que têm a finalidade de transpor obstáculos, tais como avenidas, vales, rios, entre outros, tendo consigo um valor artístico. Essas construções estão submetidas a constantes ações externas provenientes de cargas móveis de veículos, forças devido ao vento, ação das águas de rios que incidem nas mesoestruturas e infraestruturas, variações de temperatura, retração e fluência, especialmente no caso de infraestruturas executadas em concreto. Além disso, estão construídas em ambientes sujeitos a diversos tipos de classes de agressividade, conforme apresenta a NBR 6118 (ABNT, 2014), desde as mais fracas até às com agressividade

muito forte (ARAÚJO, 2014). Assim como as demais estruturas da construção civil elas são projetadas com uma determinada vida útil e, de modo a assegurar e prolongar essa vida, as OAEs devem passar por processos contínuos de manutenção (PMKB, 2018).

Segundo Lemos (2005) é comum encontrar obras de artes especiais que não recebem atenção preventiva, problemas como oxidação das armaduras, carbonatação, fadiga, entre outras manifestações que corroboram diretamente à depreciação da durabilidade ou do desempenho.

No Brasil, recentemente, alguns episódios de falta de inspeção, acompanhamento e manutenção levaram algumas estruturas ou partes delas ao colapso. No dia 15 de novembro de 2018, o viaduto da pista expressa da Marginal Pinheiros, em São Paulo, sofreu acentuado recalque, fazendo com que parte do seu tabuleiro cedesse cerca de dois metros. Alguns meses antes, em Brasília, parte da estrutura de outro viaduto, na área central da cidade, foi ao colapso (ARAÚJO, 2018).

As manutenções nas OAEs devem ser realizadas por meio de vistorias rotineiras que têm como finalidade apontar o estado geral da estrutura, detalhando suas reais condições de utilização e as necessidades de reparos, a fim de manter os aspectos de sua estrutura (ARAÚJO, 2014). Entretanto, a cultura de manutenção das obras de arte especiais ainda não é tão relevante para diversos profissionais da área, no Brasil. Segundo Lemos (2005), é comum um quase ou total abandono dessas estruturas, que atingem um alto grau de deterioração e, só então, são recuperadas, gerando assim um custo elevado se comparado a manutenções preventivas e pequenos reparos.

Devido à escala das edificações, realizar vistorias técnicas em obras de arte especiais nem sempre é uma tarefa fácil. Trata-se de um grande desafio fazer a avaliação de todo o contexto, por ângulos diferentes. Tem-se aqui a hipótese de que o uso de novos ferramentais tecnológicos possa colaborar nas vistorias, acelerando as avaliações e fazendo previsões mais precisas. O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT), mais conhecidos como drones, associados a programas computacionais, parecem contribuir significativamente para obtenção dos dados necessários para o trabalho de avaliação técnica. Esses sistemas são capazes de auxiliar a leitura do espaço urbano, apresentar, através de imagens, vídeos, mapeamento aéreo, nuvens de pontos georreferenciadas, ortomosaicos e modelos em três dimensões (3D), irregularidades em locais de difícil acesso que os peritos não conseguem ou têm dificuldades em acessar, criando um mapa de dados com informações para os profissionais que, assim, podem tomar as devidas providências. Segundo Copatti (2016) a leitura do espaço urbano pode abordar uma

enorme quantidade de informações como por exemplo o espaço geográfico enquanto palco de trocas, interações e intencionalidades constituídas pelas relações sociais que se caracterizam pela diversidade cultural, social, econômica, política e pela infraestrutura.

No conceito de espaço, Milton Santos, geógrafo Brasileiro, revela a noção de paisagem, onde sua forma está em objetos naturais correlacionados com objetos produzidos pelo homem. Santos aponta que espaço e paisagem não são conceitos dicotômicos, onde as mudanças econômicas, sociais e políticas resultam na transformação do espaço, se adaptando às novas necessidades do homem. Milton Santos revela o conceito de paisagem como algo não estanque no espaço, e sim que a cada período histórico altera, renova e se adapta para atender os novos paradigmas do modo de produção social (SANTOS, 2004).

O objetivo geral deste trabalho é avaliar a importância da realização de vistorias técnicas e manutenções preventivas constantes nas obras de artes especiais com a associação de novas tecnologias a técnicas tradicionais. Para tanto, foi realizado um estudo de caso que visa apresentar algumas das manifestações patológicas presentes no Viaduto Santa Tereza, localizado na cidade de Belo Horizonte (MG), sugerindo-se procedimentos para o tratamento e reparo das patologias construtivas, medidas preventivas e procedimentos de recuperação e reabilitação de suas estruturas, e também apresentar dados do espaço urbano local.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 OBJETO DE ESTUDO

Segundo Schmidt (1994), na década de 1920, Belo Horizonte vivia uma época de grandes mudanças e converteu-se em um polo industrial e comercial deixando de ser um simples centro administrativo e burocrático. A construção do Viaduto que ligaria o centro da cidade aos bairros Floresta e Santa Teresa, sobre o Ribeirão Arrudas e os trilhos da Central do Brasil surgiu como uma das grandes empreitadas da época.

Com 390 metros de extensão e 13 metros de largura, a obra, custeada pela Prefeitura Municipal e pela Central do Brasil, foi iniciada em 1928. Primeiramente, o viaduto recebeu o nome de Artur Bernardes, de acordo com o projeto assinado pelo engenheiro Emílio Baumgart, um destaque entre os profissionais das estruturas de concreto armado no Brasil, seguindo linhas modernistas (Figura 01). O arco parabólico consumiu mais de 700 metros cúbicos de concreto e a obra foi sendo concluída fazendo

com que o Viaduto se tornasse referência na tecnologia que abriria as portas da modernização. O viaduto foi inaugurado em setembro de 1929 (SCHMIDT, 1994).

Figura 01 – Viaduto Santa Tereza em 1929, Belo Horizonte - MG.



Fonte: Portal Uai E+.

A última obra de revitalização do viaduto Santa Tereza iniciou-se em dezembro de 2013 e foi parcialmente entregue no final de 2016. Segundo o governo, o convênio foi encerrado pela gestão anterior sem sua conclusão. Mas os 37 postes com 74 luminárias do estilo republicanos (mesmo modelo dos postes que compõem o complexo, no bairro Floresta, na região Leste da capital) foram realocados. As luminárias, datadas de 1929, foram instaladas, a revitalização também contemplou a reformas dos sanitários, piso, quadra de basquete e da pista de skate com arquibancada abaixo da estrutura (O TEMPO, 2019).

Atualmente o Viaduto Santa Tereza tem sido uma referência urbana para várias gerações de escritores e artistas e esportistas (figuras 02 e 03). Bem cultural tombado pelo Patrimônio Cultural do Estado de Minas Gerais, hoje, além de ser uma importante via de ligação na cidade, é palco de diversas manifestações culturais de rua como música, teatro e artes visuais, considerado um centro cultural, tornou-se símbolo da cidade (BELO HORIZONTE, 2020).

Figura 02 – Imagem aérea do Viaduto Santa Tereza em 2020, Belo Horizonte



Fonte: Os autores.

Figura 03 – Praticante de esportes utilizando a base do viaduto.



Fonte: Os autores.

2.2 MANUTENÇÕES EM OBRAS DE ARTE ESPECIAIS

As inspeções das OAEs normalmente são realizadas de forma a verificar sua durabilidade, funcionalidade e a capacidade de carga, de modo que a segurança total dos usuários seja mantida (ECOPONTES, s.d.). A inspeção ou vistoria é a primeira fase de ações de manutenção preventiva em OAEs e é representada pelo conjunto de procedimentos técnicos, realizados de acordo com um planejamento prévio, que fornece todos os dados sobre a obra em um determinado instante (VITÓRIO, 2005). Os procedimentos de inspeção são realizados para analisar, verificar e assegurar a integridade das OAEs, para conservar seus aspectos estruturais, funcionais e sua durabilidade, devendo ser aplicadas as devidas inspeções conforme a necessidade encontrada nas suas estruturas. A NBR 9452 (ABNT, 2019) estabelece os requisitos exigíveis para a realização de vistorias em pontes e viadutos de concreto. Para tanto, caracteriza três tipos de vistorias: vistoria cadastral, rotineira e especial.

A Vistoria Cadastral é a vistoria de referência na qual são anotados os principais elementos para a segurança e durabilidade da obra. É complementada com o levantamento dos principais documentos e informes construtivos, com vistoria *in loco* e informes fotográficos. A Vistoria Rotineira refere-se à vistoria destinada a manter o cadastro da obra atualizado, devendo ser realizada a intervalos de tempo regulares, não superior a um ano, e também podendo ser motivada por ocorrências excepcionais. A Vistoria Especial é uma vistoria pormenorizada da obra, visual e/ou instrumental, realizada por engenheiro especialista, com a finalidade de interpretar e avaliar ocorrências danosas detectadas pela vistoria rotineira (NBR 9452, 2019).

A conservação das OAEs é de responsabilidade dos setores públicos e privados, porém devido às dificuldades econômicas apresentadas principalmente pelos órgãos públicos, a execução das manutenções tem sido uma atividade deixada em segundo plano para serem programadas e executadas, agravando o surgimento de possíveis patologias e, por consequência, a perda de desempenho. Com isso, há grandes impactos e transtornos na dinâmica das cidades, além do alto custo de recursos para se executar reparos maiores na recuperação das OAEs, que têm a sua funcionalidade perdida em parte ou por completo.

3 MÉTODO

Para a realização da vistoria técnica e do desenvolvimento, num estudo exploratório do Viaduto Santa Tereza, foram realizadas visitas em campo, em dias e

horários variados, para se obter o maior número de dados possível, de maneira a permitir seu amplo e detalhado conhecimento.

Utilizando revisões bibliográficas, normas da ABNT que regulamentam os projetos de estruturas de concreto e inspeções *in loco*, este trabalho foi referenciado com parâmetros técnicos, permitindo o esclarecimento e apontamento das patologias diagnosticadas.

Para realização da vistoria do viaduto, além das inspeções visuais e do uso de fissurômetros (equipamento de medição), optou-se pela utilização de um veículo aéreo não tripulado (VANT) para facilitar e tornar mais segura a inspeção de áreas de difícil acesso. Os VANTs, ou drones, podem voar sem tripulação, normalmente projetados para operar em situações perigosas e repetitivas, em regiões de difícil acesso ou em áreas que apresentam algum risco.

O programa escolhido para desenvolvimento do plano de voo foi o Pix4Dmapper. O software Pix4Dmapper permite a visualização, mapeamento e gerenciamento do voo em qualquer área (PIX4DMAPPER, 2020).

Para leitura e interpolação dos dados foi utilizado o software Metashape, produzido pela empresa Agisoft, que realiza o processamento fotogramétrico de imagens digitais, gera dados espaciais 3D e ortomosaicos. Procedendo um escaneamento tridimensional, o drone coleta pontos do volume em estudo através da técnica LIDAR (Light Detection And Ranging). Os ortomosaicos são imagens georreferenciadas precisas, baseadas nas nuvens de pontos criadas, que permitem verificar distâncias, cálculos de volumes e podem ser usadas em aplicativos de gerenciamento de informação (GIS) via satélite, na documentação do patrimônio cultural e na produção de efeitos visuais, bem como para medições indiretas de objetos de várias escalas (AGISOFT, 2019).

Os Parâmetros escolhidos para interpretação, leitura e vistoria do Viaduto Santa Tereza englobados na pesquisa foram: Estado da pavimentação das calçadas e da via de rolamento, aferição de fissuras, trincas e rachaduras nas estruturas e nas vias, verificação de presença de infiltrações e eflorescência na estrutura, aferição da presença de armaduras de concreto expostas e em processo de corrosão, análise do uso do espaço construído por pedestres, moradores de rua e pela comunidade local, avaliação da limpeza pública urbana local e o estado de conservação dos materiais de acabamento.

Após determinar o local e os parâmetros a serem analisados realizou-se então a primeira inspeção visual analítica no dia 04 de janeiro de 2020, com o registro de fotos tiradas por uma câmera de 16 megapixels para documentar e identificar o comportamento do público que utiliza o espaço e compreender a dinâmica local.

No dia 05 de janeiro de 2020 foram realizadas medições nas fissuras encontradas na superestrutura do viaduto com o auxílio de um fissurômetro da IBAPE-MG, Figura 05. No dia 11 de janeiro de 2020, foi utilizado um drone profissional de alta resolução, Phantom 4 RTK, Advanced, equipado com um sensor de 20 megapixels de 1 polegada, com posicionamento por satélite e telômetros ultrassônicos, Figura 06.

Figura 05 – Fissurômetro IBAPE-MG.



Figura 06 – Phantom 4 RTK Advanced



O software utilizado para montagem do plano de voo e para realização do mapeamento aéreo foi o Pix4Gmapper, versão 4.4.12, onde foram configurados dois modelos de voo, o de malha ortogonal, a 50 metros de altura, e o circular, a 30 metros de altura (Figura 07 e Figura 08).

Figura 07 – Plano de voo ortogonal.

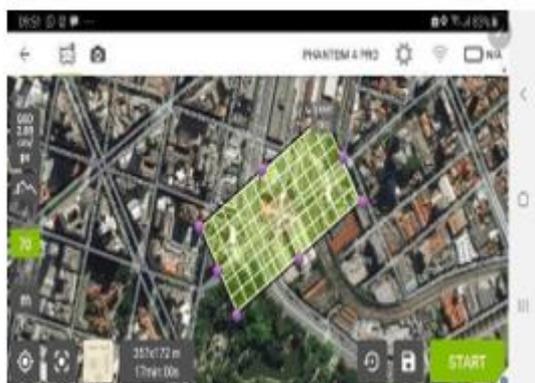
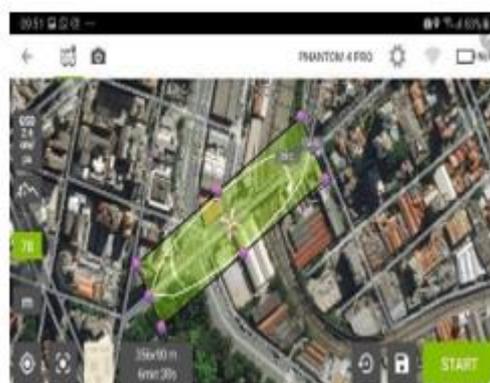


Figura 08 – Plano de voo circular.



Após a realização do aerolevanteamento os dados foram trabalhados no programa Metashape, versão 1.6.0, produzido pela empresa Agisoft.

No dia 22 de novembro de 2020 todas as etapas anteriores foram refeitas e os dados coletados foram atualizados para reavaliar as questões debatidas e validar os dados finais da pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentam-se os dados da vistoria realizada no viaduto Santa Tereza (Figura 09). Foram analisadas as manifestações patológicas observadas e suas prováveis causas. Foram ainda propostas medidas corretivas para a restauração dos elementos deteriorados e apresentados os resultados obtidos após a interpolação e leitura dos dados e do espaço urbano.

Figura 09 – Viaduto Santa Tereza, Belo Horizonte - MG.



Fonte: Os autores.

Ainda na Figura 09 é possível observar que o pavimento da pista de rolamento apresenta muitas emendas desniveladas, gerando trepidação, desgaste dos automóveis e desconforto para os motoristas.

Nas calçadas, em todo percurso, foi possível observar que existem muitas áreas com o revestimento do piso danificado, com peças quebradas e que as tampas metálicas dos drenos foram retiradas, tornando a área perigosa para os pedestres (Figuras 10,11 e 12).

Figuras 10,11 e 12 – Revestimento do passeio do Viaduto Santa Tereza, Belo Horizonte - MG.



Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.

Para regularizar a situação dos passeios recomenda-se a substituição das peças quebradas e a inserção de novas tampas de drenos para evitar que os transeuntes corram risco de segurança durante a caminhada pela região.

As Figuras 13 e 14 mostram as fissuras, trincas e rachaduras localizadas no pavimento do viaduto Santa Tereza. O pavimento é do tipo flexível e, devido ao desgaste ocasionado pelo fluxo e cargas de veículos e pela dilatação dos materiais, a camada de revestimento deste pavimento sofreu tais patologias.

Figuras 13 e 14 – Fissuras, trincas e rachaduras, transversal e em bloco, no pavimento.



Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.

Para a correção destes defeitos funcionais poderiam ser empregados alguns tipos de revestimento, como lama asfáltica, com selagem de trincas e rejuvenescimento, tratamento superficial simples ou duplo, que restaura a aderência superficial, microrrevestimento asfáltico, para minimizar condição abrasiva acentuada, entre outros produtos e técnicas.

Nas medições realizadas, identificaram-se fissuras (de até 1,0 mm), trincas (de até 3,0 mm), rachaduras (maiores que 3,0 mm) e brechas (que 10,0 mm), no pavimento, conforme apresenta as Figuras 15 a 18.

Figura 15 - Fissura.



Fonte: Os autores.

Figura 16- Trinca.



Fonte: Os autores.

Figura 17- Rachaduras.



Fonte: Os autores.

Figura 18 – Brechas.



Fonte: Os autores.

Devido ao grau de desgaste do pavimento flexível que cobre a pista de rolamento do viaduto, recomenda-se refazer o capeamento de todo o viaduto, gerando assim mais conforto e segurança para os usuários. Deve-se também fazer o encaixe adequado entre o pavimento flexível e a junta de dilatação, para que o movimento natural da junta não danifique o asfalto.

As juntas de dilatação apresentam-se ineficientes devido à falta de reparo, causando infiltração na parte inferior do viaduto, apresentando também eflorescências, conforme as Figuras 19 e 20. A vedação ineficiente da junta de encontro faz com que a água proveniente das chuvas escorra para o interior e umedeça a estrutura, podendo ocasionar a desagregação do concreto e iniciar um processo de corrosão das armaduras.

Figuras 19 e 20 – Eflorescência na parte inferior e infiltração na junta de dilatação.



Fonte: Acervo dos autores.



Fonte: Acervo dos autores.

Neste caso é necessária a substituição de juntas deterioradas para evitar a infiltração de água e utilizar produtos específicos para a remoção das manchas esbranquiçadas. No mercado há removedores prontos, que dispensam a necessidade de preparar misturas com ácidos. Eles também são menos perigosos que as limpezas realizadas por meio de ácidos, pois não são corrosivos ou irritantes aos que os empregam.

Entretanto, dependendo do nível de degradação, pode ser necessário realizar uma nova camada de revestimento, seguindo os cuidados necessários na execução.

A Figura 21 apresenta a situação de deterioração do concreto na parte da junta de dilatação central do viaduto, danificando o pavimento asfáltico, o passeio e expondo a armadura metálica. Para esta patologia é necessário realizar a recuperação das juntas, do concreto e da armadura exposta, de modo a evitar infiltração e proteger o pavimento com a manutenção da camada do revestimento.

Na Figura 22 observa-se o deslocamento do concreto. Esses fatores ocorrem provavelmente devido a sobrecargas na estrutura, sejam elas pelo empuxo do solo ou devido a grandes cargas dos veículos que passam sobre a estrutura.

Figura 21 – Deterioração do pavimento. Figura 22 – Deslocamento do concreto.



Fonte: Acervo dos autores.



Fonte: Acervo dos autores.

Nota-se na Figura 23, a corrosão da armadura que se encontra exposta, sendo observada, principalmente, em peças de concreto aparente.

Figura 23– Corrosão da armadura



Fonte: Os autores.

Ambientes agressivos, porosidade elevada, alta capilaridade, deficiência no cobrimento, materiais de construção com problemas e fissuração acentuada são os fatores

preponderantes na influência da criação de um estado de corrosão da armadura (SARTORTI, 2008).

Para a manutenção corretiva de recuperação das áreas contaminadas por corrosão das armaduras é necessária a retirada de todo o concreto deteriorado até que se obtenha a exposição completa de uma superfície de concreto sã e íntegra. Deverá ser totalmente retirado também todo o produto de corrosão aderido às superfícies das barras das armaduras antes que sejam colocados os materiais de reparo. Viabilizam-se os procedimentos de eliminação da corrosão baseados em limpeza rigorosa, utilizando lixas e mesmo jatos de areia ou limalhas; e para melhor proteção é essencial uma pintura na superfície do metal e a aplicação de ponte de aderência, somente após isso, o preenchimento com argamassa de reparo e acabamento da superfície com devida cura.

É extremamente importante, também, a análise rigorosa de uma possível redução da seção transversal das armaduras atacadas. Se houver viabilidade, os ensaios comparativos entre armaduras saudáveis e as que estiverem mais atingidas devem ser feitos. Caso haja alteração, recomenda-se colocar novos estribos e/ou novas armaduras longitudinais.

Como foi dito, a área sob o viaduto é um território amplamente utilizado por públicos diversos (Figura 24 e Figura 25).

Figuras 24 e 25– Utilização do viaduto pela comunidade.



Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.

Nas primeiras inspeções, antes da pandemia gerada pela Covid-18, foi possível encontrar crianças, adolescentes e idosos, músicos, religiosos, praticantes de esportes como skate e basquete e principalmente moradores em situação de rua convivendo e compartilhando o espaço público.

O grupo representado pelos moradores em situação de rua, tratando-se da avaliação da manutenção do viaduto, merecem destaque, pois os mesmos, por falta de opção, acabam utilizando os pilares e o piso do viaduto como apoio para acenderem

fogueiras para cozinhar e se aquecerem durante as noites e como sanitário, danificando de forma significativa o viaduto (Figura 26 a 29). Isso gera um conflito social, pois os mesmos utilizam o território não em forma pública, mas privativa.

Figuras 26 a 29 – Danos causados por fogueiras e dejetos humanos.



Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.



Fonte: Os autores.

Para resolver os problemas gerados pelo uso incorreto do território seriam necessárias, talvez, campanhas de educação e ações sociais, e mais certamente o fornecimento de elementos básicos para a sobrevivência e dignidade humana dos moradores em situação de rua.

Vale ressaltar que todos os grupos que usufruem da área acabam gerando algum tipo de impacto ao viaduto, seja pela sujeira, pela colisão dos equipamentos de esporte ou pelo desgaste proveniente do uso.

Durante as inspeções foi possível aferir que a Prefeitura de Belo Horizonte limpava toda a área, utilizando caminhões pipa e agentes de limpeza, duas vezes ao dia, mas devido ao grande número de pessoas, o viaduto encontra-se constantemente sujo e com mau cheiro, tornando a limpeza pública urbana local precária.

Devido ao mau uso do território, ao vandalismo e ao desgaste dos materiais, o estado de conservação dos acabamentos do viaduto encontra-se ruim, com degradação avançada.

Na Figura 30 percebe-se a ocorrência da deterioração da base do pilar do viaduto, que, provavelmente por vandalismo, teve o granito de acabamento retirado, expondo o concreto a ataques químicos e físicos. Ainda na Figura 30 é possível observar outro problema gerado pelo vandalismo, as pichações, que acabam poluindo e prejudicando o ambiente (RAUDENBUSH; SAMPSON, 1999; SKOGAN, 2015).

Para realizar a manutenção corretiva sugere-se fazer o apicoamento da argamassa que está se desprendendo da estrutura principal e em seguida fazer uma nova camada de

revestimento onde recomenda-se, inicialmente, aplicar adesivo cola para ferro concreto tipo Sikadur Epoxi, bi-componente, formulado para colagem de superfícies de concreto para que este tenha a finalidade de auxiliar a fixação de uma nova camada de argamassa e a recolocação do granito.

Em relação às pichações recomenda-se a contínua pintura dos locais afetados com tinta resistente e que permitam a remoção de futuras pichações.

Na Figura 31 é possível aferir que a argamassa de revestimento dos arcos do viaduto está em processo de deslocamento devido principalmente ao desgaste gerado pelas intempéries e a ação do tempo, sendo necessária a realização de manutenção corretiva. Recomenda-se fazer o apicoamento de toda a argamassa que está se despreendendo da estrutura e em seguida fazer uma nova camada de revestimento.

Na Figura 32 é possível observar que a ferrugem, processo corrosivo que consome lentamente os acabamentos metálicos, é encontrada por toda a região do viaduto. A corrosão metálica foi encontrada nos guarda-corpos das escadas e rampas, no poste de iluminação e até mesmo na armadura da estrutura de concreto armado expostas ao tempo. Para resolver os problemas com a ferrugem nos materiais de acabamento recomenda-se que as peças sejam lixadas, limpas e pintadas. Outra opção é a substituição dos metais ferrosos por metais não ferrosos, como o alumínio, pois por não possuírem moléculas de ferro em sua composição e não sofrem com o processo de ferrugem.

Figura 30 – Base dos pilares



Fonte: Os autores.

Figura 31 – Deslocamentos



Fonte: Os autores.

Figura 32 – Corrosão metálica



Fonte: Os autores.

O mapeamento aerofotogramétrico permitiu avaliar, através dos mapas e imagens geradas, detalhes de como o viaduto se relaciona com o entorno. Durante o planejamento do plano de voo foi possível analisar a escala dos elementos construtivos que englobam a paisagem urbana através do software Pix4Gmapper e de suas ferramentas de medição.

Durante os voos foram filmados vídeos do Viaduto Santa Tereza e foram tiradas 450 fotos pelo drone. As imagens posteriormente foram utilizadas pelo software Agisoft Metashape para gerar o ortomosaico, as nuvens de pontos, e o modelo 3D (Figura 33 e Figura 34).

Figura 33 – Nuvens de pontos.



Fonte: Os autores

Figura 34 – Imagens 3D.



Fonte: Os autores

Para criação das nuvens de pontos e do modelo ortomosaico o software Metashape gerou, com auxílio dos dados importados do drone, 932.527 pontos de nuvens georreferenciadas. Cada ponto possui uma série de informações como latitude, longitude e altura, gerando um material de alta qualidade e precisão.

O modelo 3D permite a manipulação e rotação 360 graus, proporcionando um material detalhado, auxiliando na análise minuciosa da estrutura de todo viaduto. O uso do drone permitiu, através das imagens aéreas, compreender a relação do viaduto Santa Tereza com o seu entorno, principalmente com a linha férrea, com a Av. dos Andradas e com a Serraria Souza Pinto.

Em relação à linha férrea e a com a Av. dos Andradas o viaduto Santa Tereza transpassa, sem interromper o fluxo, essas duas importantes vias, gerando maior fluidez no trânsito viário e ferroviário, ligando os bairros Floresta e Santa Tereza ao Centro de Belo Horizonte. O viaduto faz parte da paisagem urbana da capital mineira, e é utilizado diariamente por milhares de pessoas que são beneficiadas por seu trajeto (Figura 35).

Erguida em 1912, sendo uma das primeiras construções da capital a utilizar estruturas de ferro, a Serraria Souza Pinto, talvez seja a única edificação que de alguma forma possa ter sido prejudicada pela construção do Viaduto Santa Tereza, pois a estrutura do Viaduto oculta toda sua fachada frontal, marco da arquitetura industrial mineira. Atualmente a fachada frontal da Serraria Souza Pinto encontra-se degradada e vandalizada (Figura 36).

Figura 35 – Linha férrea



Fonte: Os autores

Figura 36 – Serraria Souza Pinto.



Fonte: Os autores

O uso do drone, associado a softwares específicos e a metodologias tradicionais de vistorias técnicas permitiu a geração e análise de um enorme banco de dados de informação, contribuindo de forma significativa para o desenvolvimento do trabalho.

5 CONCLUSÃO/CONSIDERAÇÕES FINAIS/SUGESTÕES

5.1 CONCLUSÃO

O viaduto Santa Tereza possui importante função cultural, social e no sistema viário local e regional da cidade de Belo Horizonte, pois por ele flui uma intensa circulação de pedestres e veículos que o utilizam como uma das vias de chegada e saída do hipercentro da capital Mineira.

As análises das manifestações patológicas identificadas no Viaduto Santa Tereza indicam que a falta de medidas preventivas e manutenção junto a ações corretivas associadas ao mau uso e ao vandalismo como fatores principais para a deterioração da estrutura e dos materiais de acabamento. Nota-se que durante o fim de semana, exceto em tempos de pandemias, o uso do viaduto está mais ligado ao lazer e produção cultural (música, esportes, lazer, eventos culturais) e ao uso social, sendo que tais usos evidenciam sua importância como local de expressão cultural e política. Já nos dias úteis ele se caracteriza como um local de passagem e transição de pedestres e veículos, e pelo uso permanente dos moradores de rua. Dessa forma percebe-se a relevância da manutenção da sua estrutura em condições seguras de modo a evitar maiores danos e até mesmo seu colapso, acurando questões relacionadas à salubridade do espaço público.

O estudo de caso reafirmou a importância das vistorias, inspeções e manutenções constantes nas obras de arte especiais, pois tanto o concreto, quanto os materiais de acabamento são bens duráveis e essas ações irão garantir o prolongamento da vida útil da OAE analisada. As inspeções periódicas são importantes não apenas para emissão de

certificado de estabilidade solicitado pelos órgãos públicos, mas também para acompanhar a evolução das patologias ao longo dos anos, com o objetivo de preservar a durabilidade e o desempenho da estrutura e o aumento de sua vida útil.

O uso de novas tecnologias, associados a técnicas tradicionais de vistoria, contribuíram de forma significativa para o desenvolvimento da pesquisa. Vale ressaltar que o aerolevante realizado com o Drone e a geração do modelo 3D facilitam de forma significativa o mapeamento e a análise do patrimônio investigado, e ainda possibilitam a obtenção de dados com maior precisão e em menor tempo, se comparado ao levantamento tradicional. Isso contribuiu para o entendimento da leitura do espaço urbano, permitindo aferir como o viaduto se relaciona com o entorno. O uso do Drone também possibilita a integração das nuvens de pontos ao BIM (Building Information Modeling), modelagem da informação baseada em modelos paramétricos que promovem a integração entre várias áreas de conhecimento e profissionais de diversas disciplinas, por meio da interoperabilidade de dados, e ao VDC (Virtual design and construction), que baseia-se no conceito de “projeto” como todo o ciclo de vida da edificação (planejamento/ design/ construção/ manutenção e desconstrução) do estado da arte, e por isso sua aplicação em elementos pré-existentes é tão significativa.

O levantamento tradicional (inspeção visual, fissurômetro, trena, câmera fotográfica) não deve ser abandonado, pois além de servir de *backup* é necessário para complementar as informações obtidas no aerolevante, tornando os resultados mais sólidos, precisos e confiáveis.

Ao mapear e quantificar as patologias existentes, torna-se possível o acompanhamento da evolução das anomalias encontradas na estrutura do concreto e nos materiais de acabamento durante as inspeções e o direcionamento na análise e solução dos problemas futuros, gerando economia com a redução de custo de manutenção, proporcionando aumento na confiabilidade do sistema e conseqüentemente da vida útil e do desempenho das instalações. Vale ainda destacar que isso só será realizado se o poder público, apoiado pela sociedade, se empenhar na gestão dessas manutenções.

5.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A maior dificuldade encontrada neste estudo foi encontrar dados técnicos ou mesmo projetos originais do viaduto estudado, tornando necessário o desenvolvimento do trabalho com diferentes metodologias para produção e evidência dos resultados.

O geógrafo brasileiro Milton Santos, considerado um dos grandes influenciadores do movimento que compreendeu o processo saúde-doença na cidade como manifestação social, atenta, em sua vasta bibliografia, para a necessidade de estudar tal processo através de questões espaciais e territoriais (Faria e Bortolozzi, 2009). Entretanto, apesar do crescimento exponencial do interesse pelo assunto em todo o mundo, a maioria das pesquisas continua “não espacial” (Auchincloss et al., 2012). Os dados espaciais são subutilizados assim como os instrumentos analíticos disponíveis em cada época / administração. Esse descompasso compromete recursos financeiros, técnicos, pessoais e retarda a elaboração de políticas mais eficazes e efetivas, negligenciando certas unidades não cobertas e, portanto, não representadas espacialmente.

Os cortes no investimento na pesquisa, promovidos pela política do governo federal, têm tido um impacto significativo na área de pesquisa e desenvolvimento do Brasil, setor que historicamente nunca foi uma prioridade. Diante da falta de verba, a presente pesquisa foi desenvolvida com o uso de equipamentos emprestados por terceiros e com verba dos próprios pesquisadores. Um dos motivos para essa negligência talvez seja a distância da sociedade, e de seus representantes, do conhecimento científico.

5.3 SUGESTÕES

A aplicação dos métodos e técnicas de vistoria no Viaduto Santa Tereza permitiu a identificação de questões que podem ser abordadas em trabalhos futuros tais como:

Construção de diagnósticos técnicos empregando ferramentas e métodos sofisticados, como câmeras termográficas e laser scanner, aplicando pesquisas pontuais e menos abrangentes, baseadas em normas específicas a cada situação para apresentação de dados mais refinados.

Utilização de métodos de algum tipo de avaliação de uso do espaço (Avaliação pós ocupação, observação social sistemática, dentre outras), para validar os dados levantados e identificar possíveis questões não avaliadas junto à comunidade.

Recomenda-se, assim, a contínua pesquisa e estudos sobre as peças patrimoniais para subsidiar sua diagnose, identificando como oportuno o contínuo desenvolvimento do trabalho, buscando a evolução e futuro da ciência e com o bem da vida das cidades.

REFERÊNCIAS

AGISOFT, L. L. C. Metashape–photogrammetric processing of digital images and 3D spatial data generation. 2019

ARAÚJO, C. J. Vistoriando obras de arte especiais. **Revista Notícias da Construção**, p. 60-62. 2014.

ARAÚJO, Paula. Estrutura que sustenta viaduto que cedeu na Marginal Pinheiros foi 'esmagada'; Prefeitura de SP fará escoramento. **Globo News**. Publicado em: 15 nov. 2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-paulo/noticia/2018/11/15/estrutura-que-sustenta-viaduto-que-cede-na-marginal-pinheiros-foi-esmagada-prefeitura-de-sp-fara-escoramento.ghtml>>. Acesso em: 30 out. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, p.13. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9452**: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2019.

AUCHINCLOSS, A. H. et al. A Review of Spatial Methods in Epidemiology, 2000–2010. **Annual review of public health**, v. 33, n. 1, pp. 107-122, 2012. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031811-124655>.

BELO HORIZONTE Surpreendente. Viaduto Santa Tereza. Disponível em: <<http://portalbelohorizonte.com.br/o-que-fazer/arte-e-cultura/obras-de-arte/viaduto-santa-tereza>>. Acesso em: 28 dez. 2020.

COPATTI, Carina; DE OLIVEIRA, Tarcísio Dorn. A leitura do espaço urbano: interações entre patrimônio, memória e turismo cultural. **Revista de Arquitetura IMED**, v. 5, n. 1, p. 48-58, 2016. <https://doi.org/10.18256/2318-1109/arqimed.v5n1p48-58>

ECOPONTES. Inspeção de pontes, passarelas e viadutos. Disponível em: <<https://www.ecopontes.com.br/produtos-ver/inspecao-de-ponte-passarela-viaduto/25?a=produtos-ver&b=inspecao-de-ponte-passarela-viaduto&c=25>>. Acesso em: 30 set. 2020.

FARIA, Rivaldo Mauro; BORTOLOZZI, Arlêude. Espaço, território e saúde: contribuições de Milton Santos para o tema da geografia da saúde no Brasil. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 17, 2009.

LEMONS, K. B. Q. Manutenção e Reabilitação de Túneis. Brasília, 2005. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Brasília.

O TEMPO. Viaduto Santa Tereza. Previsto para 2014, revitalização do viaduto Santa Tereza ainda não acabou. Publicado em: 05 ago. 2019. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/cidades/prevista-para-2014-revitalizacao-do-viaduto-santa-tereza-ainda-nao-acabou-1.2218555>>. Acesso em: 28 dez. 2020.

PIX4DMAPPER. Disponível em: <<https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

PMKB. Project Management Knowledge Base – Conhecimento e Experiência em Gerenciamento de Projetos. Conservação de Obras de Artes Especiais: Pontes e Viadutos. Publicado em: 20 dez. 2018. Disponível em: <<https://pmkb.com.br/artigos/conservacao-de-obras-de-artes-especiais-pontes-e-viadutos/>>. Acesso em: 29 out. 2019.

PORTAL UAI E+. Viaduto de Santa Teresa: tenha um encontro marcado com os arcos da rebeldia. Disponível em: <<https://www.uai.com.br/app/noticia/turismo/2019/07/12/noticias-turismo,248776/tenha-um-encontro-marcado-em-bh-com-os-arcos-da-rebeldia.shtml>>. Acesso em: 29 out. 2019.

RAUDENBUSH, S. W.; SAMPSON, R. J. Ecometrics: Toward a Science of Assessing Ecological Settings, with Application to the Systematic Social Observation of Neighborhoods. **Social Methodology**, v. 29, n. 1, p. 41, 1999. <https://doi.org/10.1111/0081-1750.00059>

SANTOS, Milton. **Pensando o espaço do homem**. Edusp, 2004.

SARTORTI, A. L. **Identificação de patologias em pontes de vias urbanas e rurais no município de Campinas-SP**. Campinas, 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.

SCHMIDT, Arquitetura e Urbanismo. Viaduto Santa Tereza - Recuperação e Integração Urbana. Belo Horizonte, Edição do Autor, 1994.

SKOGAN, W. Disorder and Decline: The State of Research. **The Journal of research in crime and delinquency**, v. 52, n. 4, p. 464-485, 1 jul. 2015. <https://doi.org/10.1177/0022427815577836>

VITÓRIO, José Afonso P. Manutenção e gestão de obras de arte especiais. **ENCONTRO NACIONAL DE EMPRESAS DE ENGENHARIA E ARQUITETURA CONSULTIVA**, v. 7, 2005.