



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS
18 a 20 de maio, 2016 - Everest Rio Hotel

Uso de Drone em Inspeção e Definição de Recuperação em OAEs

Paulo Jorge Sarkis¹, Jorge Martins Sarkis²

¹SARKIS Engenharia Estrutural Ltda / Consultor / pjsarkis@gmail.com

²SARKIS Engenharia Estrutural Ltda/ Responsável Técnico / jmsarkis@gmail.com

Resumo

A crescente necessidade de vistoria de pontes e viadutos torna necessário o desenvolvimento de técnicas e procedimentos que permitam aumentar a agilidade na realização desses serviços. Ao mesmo tempo é necessário se fazer esse processo com o mínimo de interferência no tráfego viário normal e, de preferência, sem necessidade de interdições totais ou mesmo parciais. O problema é de mais difícil solução quando o acesso à face inferior da estrutura não pode ser feito a partir do terreno, como é o caso das pontes sobre rios ou vales profundos. O emprego de plataformas sustentadas por lanças telescópicas a partir de veículos estacionados sobre a pista é um procedimento demorado e exige a interdição parcial das pistas. Neste trabalho é apresentado o uso de Drone (aeronave não tripulada teleguiada) para levantamento das patologias de três pontes da BR 101, no estado do Espírito Santo. O levantamento foi necessário ao projeto de duplicação da rodovia que prevê a recuperação, alargamento e reforço das Pontes sobre os Rios Jucu, Jaboti e Benevente. São apresentados os resultados finais que permitem um correto mapeamento das patologias, áreas atingidas, comprimento das fissuras e até mesmo estimativa da abertura das fissuras, através do uso do conceito desenvolvido do fissurômetro digitalizado. O trabalho de campo foi realizado no segundo semestre de 2015 e está em análise nos órgãos concedentes e concessionários da Rodovia.

Palavras-chave

Inspeção; Ponte; Drone; Patologia; Restauração; Recuperação.

Aplicação

Muitas iniciativas, na área da administração pública e na área da atividade privada, têm produzido documentos indicando as formas de procedimento a serem adotadas na inspeção e projeto de recuperação de pontes e viadutos. No Brasil, a administração pública está presente através dos órgãos rodoviários estaduais e federais, com algumas raras presenças de órgãos municipais. A iniciativa privada comparece com algumas boas contribuições de concessionárias de rodovias e de empresas construtoras e de consultoria.

O ponto comum entre esses documentos é a classificação de vários tipos de inspeção conforme a situação encontrada ou a finalidade da inspeção. Por exemplo, o documento IPR-709 – Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias, produzido pelo DNIT, identifica cinco tipos de inspeção: Cadastral, Rotineira, Especial, Extraordinária e Intermediária. Em todas as inspeções o levantamento fotográfico é considerado importante, bem como as medidas geométricas das anomalias. No mesmo sentido, a NBR 9452, no projeto em consulta nacional,



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS
18 a 20 de maio, 2016 - Everest Rio Hotel

ao abordar o Relatório de Patologia valoriza, na descrição da OAE, item D.1.2, fotos com vistas superior, inferior e lateral. No item D.1.3, dedicado à inspeção, é valorizado o mapeamento de anomalias e a documentação fotográfica

Em alguns casos, é indispensável o uso de ferramentas para desobstruir a visão da anomalia sob análise. O manual do DNIT cita, por exemplo, que “as Inspeções rotineiras são visuais, efetuadas a partir do estrado, do terreno, do nível d’água ou de plataformas e caminhos permanentes, se existentes; equipamentos especiais somente serão necessários quando se constituírem no único meio de inspecionar os trechos de interesse”. Os equipamentos especiais a que se refere essa citação são as gaiolas e lanças telescópicas usadas a partir de caminhões, estacionados sobre a ponte, para acessar a parte inferior da superestrutura.

O uso de drones especialmente projetados para tomar fotos de alta resolução das partes mais difíceis de serem acessadas, em geral a face inferior das pontes, oferece inúmeras vantagens de ordem prática, sendo igualmente vantajosos para agilização dos trabalhos de campo mesmo nas áreas que podem ser acessadas a pé ou de barco.

Na fase do projeto de recuperação, o mosaico de fotos recolhidos pelos drones permite detalhar e quantificar com muita precisão os serviços a serem executados.

Procedimento de Campo

Para se obter os resultados desejados das fotos para uma inspeção de OAE os drones devem ser especialmente preparados para o seu uso. Normalmente esses equipamentos são projetados para tomar fotos de cima para baixo, fazendo levantamento de elementos no solo. Além disso, procura-se obter vistas de grandes áreas o que implica em câmeras panorâmicas que distorcem as imagens. O engenheiro precisa interagir com os técnicos dos equipamentos para que sejam feitas as adaptações necessárias. Na foto da figura 1 pode-se observar que o drone foi construído para levar uma câmera voltada para cima sem ser obstruída pelos dispositivos de sustentação e movimentação do equipamento. Por sua vez, a câmera panorâmica foi substituída por uma de alta resolução, que capta as imagens sem distorção.

Para permitir o melhor uso das fotos é necessário que elas sejam tomadas a uma distância conhecida do alvo. Essa providência é que vai permitir, no trabalho de escritório, o uso do fissurômetro digitalizado ou de réguas para medir as dimensões das anomalias.



Figura 1 – Foto do Equipamento Utilizado.

Ainda no campo, deve-se escolher qual o tipo de tomada de foto que é necessário para o futuro trabalho de escritório. Podem-se tomar dois tipos de fotos: pontuais, quando as patologias são caracterizadas como de pequena extensão ou de varredura, quando as patologias são numerosas e exigem o mapeamento de uma determinada região da ponte. A figura 2 ilustra uma patologia concentrada e a figura 3 ilustra uma patologia que necessita um mapeamento.

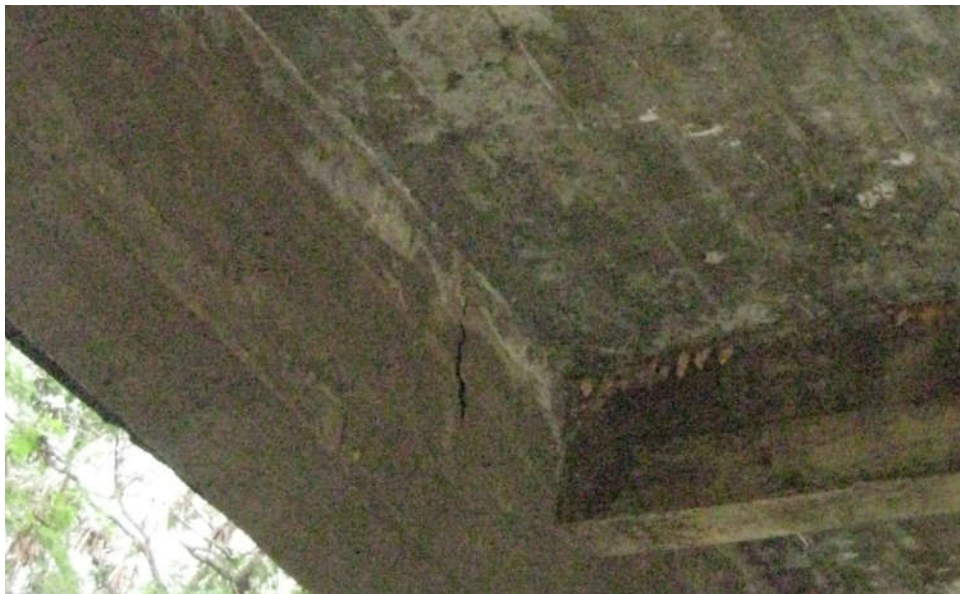


Figura 2 – Patologia Pontual.



Figura 3 – Patologia Disseminada.

As fotos de varredura serão o resultado de várias fotos pontuais que deverão ser usadas para definir detalhes da patologia como, por exemplo, a abertura de fissuras. Todas as fotos deverão ser de alta resolução para permitir a ampliação digital sem perda de qualidade. As fotos utilizadas na figura 3 tiveram sua resolução diminuída para tornar mais manuseável o painel gerado. Esse painel de fotos é usado prioritariamente para mapear com mais precisão as fissuras disseminadas em uma grande área. Para estabelecer os processos de recuperação, cada anomalia pode ser visualizada em detalhe nas fotos individuais que foram usadas na composição do painel. A foto da figura 4, por exemplo, mostra uma das anomalias assinaladas no painel geral em detalhe super ampliado para permitir melhor análise.

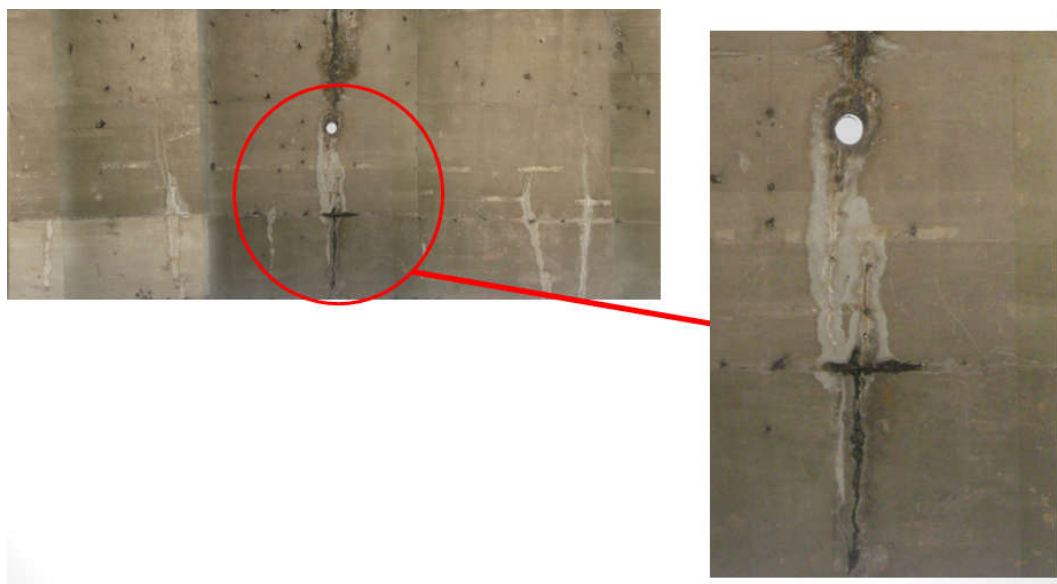


Figura 4 – Anomalia Ampliada.

Procedimento de Escritório

O trabalho de campo será complementado por um trabalho de escritório com o uso de vários tipos de programas. Na essência, um dos programas deverá permitir reunir as fotos individuais para compor um mosaico que permita uma visão de grande superfície sem a

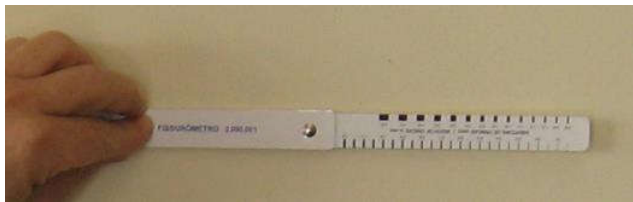
distorção proporcionada com uso de lentes de grande ocular. É o que está ilustrado na foto da figura 3.

No escritório ou na obra é necessário fotografar um fissurômetro, observando entre a foto e o alvo a mesma distância em que foram tomadas as fotos na obra pelo drone. A figura 5 mostra uma foto tomada a 1,70 m, que corresponde a uma das distâncias em que foram tomadas as fotos na obra pelo Drone. Essa foto do fissurômetro digitalizada será usada para definir aberturas de fissuras na análise no escritório.

Foto ampliada do fissurômetro



2,75 metros de distância



3,00 metros de distância



Figura 5 – Fissurômetro digitalizado.

Exemplos de Aplicação

O uso do drone foi aplicado de forma pioneira em três pontes existentes na BR 101, no Estado do Espírito Santo, próximo à cidade de Guarapari, para as quais estavam sendo projetadas obras de reforço, alargamento e recuperação de patologias. Uma dessas pontes, sobre o Rio Jucu, foi construída na década de 1950. Outra, sobre o Rio Jaboti, foi construída



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS
18 a 20 de maio, 2016 - Everest Rio Hotel

na década de 1970. A terceira, Ponte sobre o Rio Benevente, foi construída no início da década de 1990.

Na vistoria inicial, cada uma dessas pontes apresentava sintomas de patologias diferentes entre si, necessitando de planejamentos distintos para o uso do drone. Em comum todas elas apresentavam extensão em torno de 90 metros, com trechos muito altos sobre a água e alta densidade de tráfego. A interrupção do tráfego, para o uso de caminhões com lanças telescópicas e gaiolas, ocasionaria desconforto no uso da estrada e necessitaria de um amplo esquema de apoio com mobilização de várias pessoas.

Na ponte sobre o Rio Jucu a vistoria inicial indicava a necessidade de recomposição integral da superfície inferior, visto que as eflorescências provocadas pela carbonatação e lixiviação atingiam toda a superfície. Nessas condições, a varredura executada pelo drone (fotos da figura 6) teve o objetivo de identificar e fotografar patologias pontuais, como a da foto da figura 2 e outras resultantes especialmente de armaduras das lajes expostas por falta de cobertura adequado.



Figura 6 – Sequência de voo de varredura da Ponte sobre Rio Jucu.

Na ponte sobre o Rio Jaboti a vistoria inicial indicou a existência de fissuras em regiões facilmente acessíveis, próximas aos encontros. Nas regiões de mais difícil acesso foram identificadas armaduras de laje expostas e eflorescência em áreas limitadas. Nessas condições, a varredura executada pelo drone teve o objetivo de identificar e fotografar patologias pontuais, como as resultantes especialmente de armaduras das lajes expostas por falta de cobertura adequado e permitir o mapeamento e levantamento das áreas lixiviadas ou carbonatadas.

Na ponte sobre o Rio Benevente a vistoria inicial indicou a existência de fissuras disseminadas nas lajes em balanço em todo o comprimento da ponte. Essas fissuras apresentavam-se colmatadas, dificultando uma medição mais acurada de sua abertura mesmo nas regiões de mais fácil acesso. Nesse caso a varredura teve papel importante na confecção do mosaico de fotos que permitiu o mapeamento correto das fissura e a quantificação do seu comprimento para fins de orçamento dos trabalhos de recuperação. O mosaico da foto 7

serviu de base para o mapeamento das fissuras e anomalias observadas nas lajes em balanço da Ponte sobre o Rio Benevente.

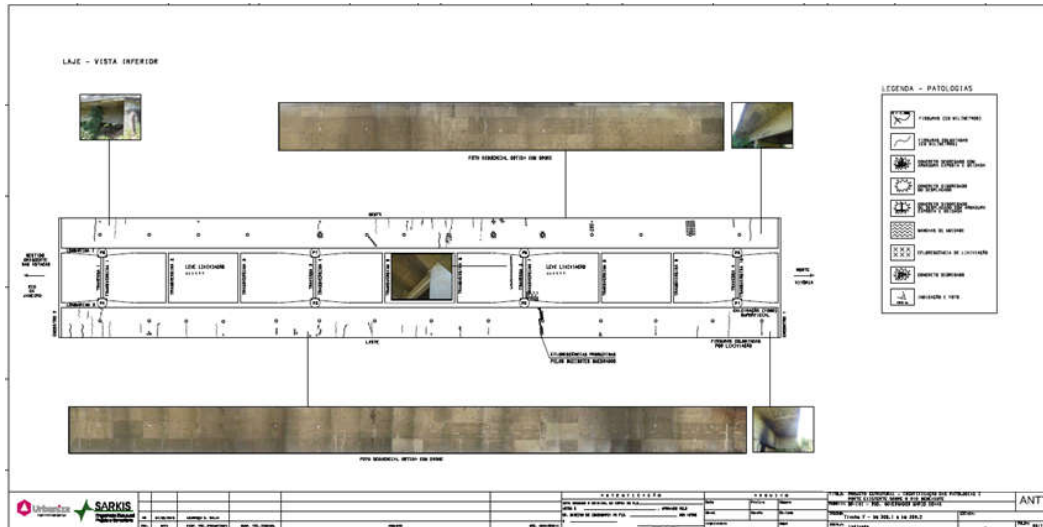


Figura 7 – Mapeamento a partir da varredura da ponte sobre o rio Benevente

Nas fotos das figuras 8 e 9 estão representadas as fotos individuais usadas para compor o mosaico de uma região da ponte sobre o Rio Benevente e na foto da figura 10 o uso do fissurômetro digitalizado.



Figura 8 – Exemplo de fotos individuais usadas na montagem do mosaico



Figura 9 – Exemplo de fotos individuais usadas na montagem do mosaico

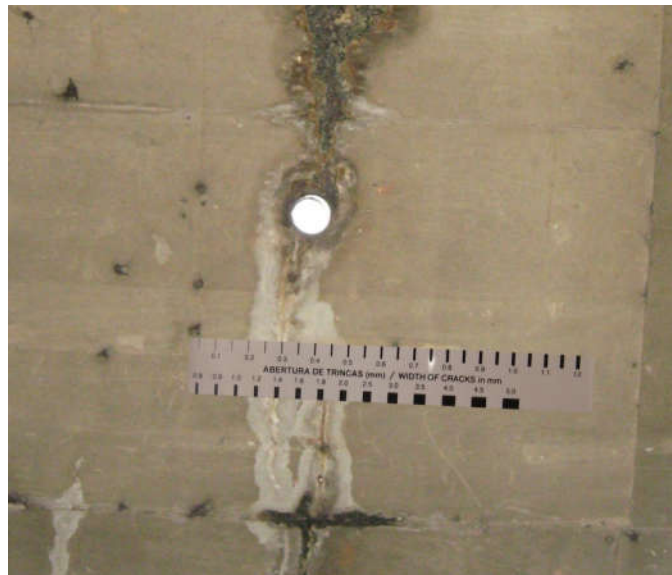


Figura 10 – Uso do fissurômetro digitalizado



Limitações

No estágio atual de desenvolvimento dessa nova tecnologia, ainda são grandes as limitações do seu uso, mas muitas delas certamente serão superadas nas próximas aplicações.

Para manter uma distância conhecida do alvo, nas obras vistoriadas, foram utilizadas treinas e miras a laser instaladas nas margens e exigiu um trabalho repetitivo de fotos para garantir uma boa cobertura da área objeto de varredura. Esse problema será facilmente superado nas próximas aplicações com dispositivos automáticos de medida da distância ao alvo da foto, instalados no próprio drone ou, ainda, com hastes gabarito para manter uma distância padrão do alvo. Atualmente, essa limitação implica em o pessoal de apoio e operadores do drone poderem se posicionar em condições de visualizar os sinais de laser emitidos pelos equipamentos de terra para posicionar adequadamente o drone.

O vento também representa um obstáculo, pois torna difícil estabilizar o drone com ventos fortes. Isso implica em interromper o tráfego abaixo do viaduto, quando ele for de pequena altura, pois o deslocamento de ar produzido pelos veículos pesados seria suficiente para desestabilizar o drone.

Mas a limitação mais importante e mais difícil de ser superada é o acesso de ferramentas abrasivas quando houver necessidade de atuar sobre a superfície de concreto para descobrir armaduras oxidadas e outras anomalias. Claro que, num nível mais avançado e sofisticado do uso desses equipamentos, os recursos de robótica e controle remoto já permitem superar essa limitação.

Conclusões e Agradecimentos

O exemplo de aplicação dos drones que estamos trazendo é sem dúvida apenas um passo inicial de uma longa caminhada, que adicionará novas tecnologias a serviço dessa desafiadora tarefa de avaliação e projeto de recuperação, de nossas numerosas Obras de Arte Especial.

Nos próximos trabalhos já estará sendo usada tecnologia que permitirá a automação da medida da distância ao alvo e a construção em 3D das imagens das patologias.

Esse trabalho só se tornou possível com a colaboração de equipe multidisciplinar com a participação de numerosos profissionais.

Nossos agradecimentos a equipe da Finish, Christian Lüdtkke e José Evandro Rigon incansáveis na busca de soluções técnicas para que os drones e acessórios pudessem atender as demandas específicas do projeto.

Agradecemos também aos parceiros da SCP Sarkis Engenharia Estrutural Engenheiros Mateus Rigon Moro, Rogerio Quinhones Pereira e Thiago Mottecy Piovezan, aos estagiários Bruna Moro Druzian e Jorge Adriano Saicoski Sarkis e aos técnicos Luciana Spolador Saicoski e Julio Martins Sarkis pelo inestimável trabalho de apoio na análise.



IX CONGRESSO BRASILEIRO DE PONTES E ESTRUTURAS
18 a 20 de maio, 2016 - Everest Rio Hotel

Referências

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTE. IPR-709 – Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias – Rio de Janeiro - 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – Projeto de Revisão da NBR 9452, ABNT - 2015.
- AGÊNCIA REGULADORA DE TRANSPORTE DO ESTADO DE SÃO PAULO - “ET 00.000.00-0-C21/002 - Controle de Obras de Arte Especiais da ARTESP”