

Inspeção Visual de Obras de Arte Especiais (OAEs) com uso da tecnologia das “Aeronaves Remotamente Pilotadas” (RPAs) ou “DRONES”

Eng. Francisco Mendes de Moraes (1), Eng. Marcelo Belleti (2)

(1) Empresa: Moto-Contínuo / Engenharia / moto.continuo@globocom;

(2) Empresa: Terra Drone Brazil / Inspeções / marcelo.belleti@terradrone-brazil.com

1) Resumo

No ciclo de “vida” de uma OAE (pontes, viadutos, passarelas, e túneis), nas fases iniciais de Concepção, Levantamentos, e Projetos, seguidas pela Construção, a engenharia brasileira tem destaque de qualidade. Também nas fases de conservação/manutenção e recuperação, os engenheiros estão bem familiarizados com as Manifestações Patológicas e patologias das estruturas. Mas então, porque temos tantas OAEs (pontes e viadutos) em mau estado? Excesso de carga? Ambiente agressivo? Abandono? Novas ou antigas, em nossas rodovias, e Municípios, se nem sabemos quantas são, como saber o estado delas? Talvez porque não tenhamos gestão das nossas OAEs. Esta falta, nos leva a desconhecer o estado físico das nossas OAEs.

A sequência natural de implementação e uso de uma OAE desde a Concepção até a desejada maximização de sua Vida Útil, motivada por bons programas de Conservação/Manutenção e Recuperação, está “quebrada”! Falta um item importantíssimo: as INSPEÇÕES VISUAIS.

Nas inspeções das OAEs (em especial pontes, e viadutos), o uso de dispositivos e equipamentos especiais para se acessar alturas e espaços confinados, são bem conhecidos: andaimes, plataformas, caminhões-cesto ou com plataforma, Rapel, etc. Todos, ou são inseguros para os inspetores, ou ineficazes, ou interferem com o tráfego, ou são caros. Pior, a soma de tudo isso. Resultado: ou se faz inspeções mal feitas, ou, não se faz nada. Sem dotação orçamentária para se fazer as tão necessárias inspeções e manutenções, as pontes e viadutos, às vezes, caem.

Este trabalho procura demonstrar, de forma prática, que temos uma solução tecnológica, viável, e, até “salvadora” das nossas tão importantes estruturas das OAEs: os “Drones”.



Figura 1 - Inspeção de OAE por Rapel



Figura 2 - Inspeção de OAE por Drone

Uma moderna, poderosa e eficaz ferramenta de tecnologia avançada que pode ser usada para se executar as “imprescindíveis” Inspeções Visuais em OAEs, atendendo à norma ABNT-NBR-9452/2019.

O processo de Inspeções Visuais usando “Drones”, substituindo - quase totalmente - os dispositivos e equipamentos especiais (já tradicionais) de acesso, pode ser executado de forma mais correta, mais segura e mais rápida, sem interferir com o tráfego, e, em especial, com menor custo.

Os Drones serão, a partir de agora, nossos fortes aliados na manutenção da Vida Útil das nossas OAEs.

Palavras-chave: OAE; Ponte; Inspeção Visual; Monitoração; RPA; Drones

2) Abstract

In Portuguese big special structures like bridges, viaducts, pedestrian overpasses, and tunnels, are called “Obras de Arte Especiais” or “Special Art Works”. Here we will focus on bridges.

For the initial phases of a “Life Cycle” of these structures, from the execution of Plans to the construction, the Brazilian engineering has great knowledge, and the same for the phases of conservation, maintenance and rehabilitation, familiarized with the pathological manifestations of the structures and it’s pathologies. Why then are there so many bridges in bad structural condition? No Management Systems?

We don’t know how many of these structures we have, how are we supposed to know their structural status? The lack of Management Programs takes us to a point of not knowing the physical state of the structures. Something very importante, essential, is missing: Visual Inspections.

On bridge inspections, it is often necessary the use of special devices and equipments to reach high and inaccessible spots or confined spaces of the bridge. Scaffoldings, working platforms, trucks with hidraulic booms, abseiling, etc. All of them are, or unsafe, or inefficient, or interfere with traffic, or are expensive, or worst, the sum of all this. With scarce budget allocation the inspections are badly done, or, not done at all. As a consequence, bridges and viaducts, sometimes collapse.

This paper tries to demonstrate – in a practical way – that there is a technologically and economically viable solution to visually inspect our bridges. The use of Unmanned Aerial Vehicles or, simply “Drones”.

Keywords: Bridge Strutures; Management; Visual Inspections; UAV; Drones.

3) Sumário

- ✓ ITEM 4) Introdução
- ✓ ITEM 5) O problema com as nossas OAEs
- ✓ ITEM 6) Soluções (Soluções mesmo?)
- ✓ ITEM 7) Conservação e Manutenção Periódica, Regular, Programada e Monitorada.
- ✓ ITEM 8) Inspeções Visuais – ABNT NBR-9452/2019
- ✓ ITEM 9) Robótica e Veículos Autônomos
- ✓ ITEM 10) Drones
- ✓ ITEM 11) Conclusões
- ✓ ITEM 12) Referências
- ✓ ITEM 13) Agradecimentos

4) Introdução

Neste trabalho sobre OAEs, focaremos em estruturas de pontes, em concreto, sob administração pública, visto que, sob a administração de Concessionárias de Serviços Rodoviários ou Ferroviários, há Sistemas de Gerenciamento de OAEs (SGO), sendo, até onde se sabe, eficazmente fiscalizado pelas Agências Reguladoras. Uma nova ponte em uma rodovia ou Município é sempre bem-vinda, e é inaugurada com grande pompa e alegria. Para uma ponte ser viabilizada, a Engenharia brasileira sabe muito bem fazer, desde os Estudos Prévios, e projetos, até a construção. Finalmente, a inauguração acontece com extensa mídia, quando então, infelizmente, acaba o interesse político pela OAE.

Os Administradores Públicos desses ativos passam a concorrer pelas verbas orçamentárias do Poder Público perdendo em prioridade para as demais necessidades da população. As verbas necessárias à conservação, manutenção das pontes, são negligenciadas. Uma ponte nova resiste bem à deterioração, mas, com os anos, essa “juventude” se perde caso não aconteçam os necessários cuidados técnicos com conservação e manutenção.

5) O Problema com as nossas OAEs

O problema é claro: o mau estado de conservação e estrutural das pontes, levando à piora na qualidade operacional (trafegabilidade, segurança e conforto), à redução da Vida Útil e, ocasionalmente, ao colapso. É óbvio que não há somente uma causa do mau estado de conservação e estrutural das pontes. A lista de danos e causas possíveis é grande. Ambiente agressivo, intensidade de tráfego, umidade, temperatura, sobrecargas não previstas, e, a falta de manutenção, dentre outros, tem causado sérios danos às estruturas. Avaliando um pouco melhor alguns importantes fatores, temos:

O Falhas de Projeto e de Execução

De acordo com RIPPER T. J. e SOUZA V.C.M (1998) *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.

	CAUSAS DOS PROBLEMAS PATOLÓGICOS EM ESTRUTURAS DE CONCRETO			
FONTE DE PESQUISA	Concepção e Projeto	Materiais	Execução	Utilização e Outras
Edward Grunau Paulo Helene (1992)	44	18	28	10
D. E. Allen (Canadá) (1979)	55	⇐ 49 ⇒		
C.S.T.C. (Bélgica) Verpoza (1991)	46	15	22	17
C.E.B. Boletim 157 (1982)	50	⇐ 40 ⇒		10
Faculdade de Engenharia da Fundação Armando Álvares Pentead Verpoza (1991)	18	6	52	24
B.R.E.A.S. (Reino Unido) (1972)	58	12	35	11
Bureau Securitas (1972)	⇐ 88 ⇒			12
E.N.R. (U.S.A.) (1948 - 1978)	9	6	75	10
S.L.A. (Suíça) (1979)	46		44	10
Dov Kaminetzky (1991)	51	⇐ 40 ⇒		16
Jean Blévyot (França) (1974)	35		65	
L.E.M.I.T. (Venezuela) (1965-1975)	19	5	57	19

Imagem Tabela por RIPPER T e SOUZA V. (1998)

O Excesso ilegal de carga dos veículos comerciais e Vibrações por Impacto

O excesso de carga é extremamente danoso às estruturas das pontes. Efeitos dinâmicos induzidos pelo tráfego com sobrecarga pode levar a estrutura à fadiga. O excesso de carga por eixo dos veículos causa sérios danos ao pavimento das rodovias e sobre as pontes.

Tudo é agravado pela velocidade de tráfego, por irregularidades e buracos dos pavimentos, além de desnível nas aberturas das juntas de dilatação. Isso pode causar efeitos muito danosos às estruturas, podendo levar à fadiga. Também nos encontros entre a estrutura rígida e o aterro, com recalques por perda de suporte, ou até inexistência de Placas de Transição, levam a impactos quando os veículos acessam a ponte.

O Tráfego com Excesso “legal” de carga

No país, há grande quantidade de pontes ainda dimensionadas para a Carga Móvel ou, Trem-Tipo, desde o TB-24 até o atual TB-45. Porém, nas regras da CONTRAN, circulam normalmente nas nossas rodovias os CVCs (Combinações de Veículos de Carga), que tem Trem-Tipo Especiais. Exemplo, os Bitrem (B-Train) de 7 eixos e 57 t de Peso Bruto Total Combinado (PBTC), e os Rodotrem (Road Train) com 9 eixos e 74 t de PBTC. A chamada “Lei das Balanças”, com uma série de Resoluções do CONTRAN estabeleceu que há tolerância de +5% no peso bruto total, chagando a 77,7 t o PBTC de um Rodotrem. Além disso também foi autorizado o excesso de peso de +7,5% por eixo. O que acontece na prática é que, a liberalidade legal passa a ser um limite inferior para os embarcadores e transportadores, ocasionando o excesso do excesso de peso.

“As pontes são estruturas sujeitas a variação de tensão não uniforme devido à passagem de veículos de configurações e pesos variados. Dependendo da magnitude dessas variações as pontes podem sofrer danos por fadiga em sua estrutura e culminar com o fim de sua vida útil”.

“O desenvolvimento do tráfego rodoviário aumenta as possíveis configurações dos veículos e faz com que as estradas estejam sujeitas a acréscimos de peso e volume de tráfego. Essa constante alteração traz preocupações quanto ao dimensionamento de pontes e rodovias que foram projetadas para outra dinâmica de transportes” – (BELIZÁRIO, E.S. e PFEIL, M.S.- 2018);

O Ambiente agressivo

É bem conhecida a agressão causada por CO₂ (Dióxido de Carbono), por cloretos e sulfatos às estruturas, especialmente quando temos um baixo cobrimento de armadura, um concreto poroso, permeável, ou fissuras/trincas no concreto, ou pior ainda, a combinação de mais de um destes fatores;

O Falta de Conservação e Manutenção (ou, Pouca Relevância, ou, Abandono ou falta de gestão)

Talvez a pior causa da deterioração das pontes seja a falta de gestão.

O desgaste nas estruturas das pontes não é repentino. Ele se dá com o tempo. As diversas agressões citadas acima ocorrem lentamente. As Manifestações Patológicas começam sem que se perceba, e, aceleram com o passar do tempo se ninguém as “procurar”, até que, possam causar uma catástrofe.

Na sua grande maioria, com brilhantes exceções, as OAEs sob gestão Estatal estão sem controle, sem cadastro, sem SGOs, sem conservação, manutenção, enfim, com suas Vidas Úteis sendo “corroídas”. Acontece que, a importância que a engenharia dá às OAEs, não é a mesma que os políticos dão.

6) Soluções (Soluções mesmo?)

E há soluções ou mitigações para essas Origens de Danos às OAEs? Sim, mas, de forma muito complexa. Então vamos entender o que está – na prática – ao alcance de nós, engenheiros gestores operacionais de patrimônios públicos, consultores, professores, especialistas, e executores da nobre arte da engenharia de conservação, manutenção, monitoração, e, recuperação das nossas OAEs. Vejamos.

O Para falhas de Projeto e de Execução. Abaixa qualidade dos projetos e de execução de obras tem solução? A economia brasileira está, há décadas, ou declinando, ou “patinando” no mesmo lugar. Com isso a engenharia brasileira seguiu este mesmo roteiro de queda da economia, sem formar novos técnicos e engenheiros, e, sem o surgimento de novas empresas no mercado. Sem a retomada do crescimento econômico, com vultoso aporte de capitais, nada mudará.

O Para excesso de carga dos veículos comerciais – Soluções (?). É um problema estrutural e endêmico da política brasileira de transporte de cargas. Se não for o embarcador, será o transportador, ou ambos, excedendo a carga permitida sobre os caminhões. O essencial controle de pesos é algo extremamente caro, de logística complicada, de inúmeras regulamentações não cumpridas.

Uma equipe de estudiosos do IPT, em sua publicação: “Análise das consequências do tráfego de CVC’s sobre o comportamento estrutural das obras de arte da rede viária do DER-SP” nas conclusões, página 56 de 56, recomenda se ter: “efetivo controle de peso dos veículos” - DEBS M; MALITE M; TAKEYA T; MUNAIR NETO J; HANI JB – 2000-2001. Seria ideal. É Possível?

A operação de sistemas de pesagem requer altos valores de investimentos em construção e operação. As instalações de balanças com pátios de estacionamento, mais uma obrigação de rearrumação ou transbordo de cargas, multas, pernoites, segurança do pátio, o Agente de Trânsito autorizado, etc, não tem conseguido dar segurança de que o excesso de carga seja uma exceção. Sistemas com W.I.M (Weigh in Motion) poderá dar mais eficácia ao processo, mas, será mais uma tecnologia que precisa recheagem do peso e de apoio físico quando detectado o excesso de carga. Ou seja, não está entre nós engenheiros de Gestão e Conservação de OAEs a solução. Soma-se a isso, que nossos pavimentos (flexíveis) são difíceis de se manter em bom estado. Primeiro porque o CAP (Concreto Asfáltico de Petróleo) no Brasil não é muito bom. Segundo porque não há verbas orçamentárias para essa manutenção, e, terceiro, a aplicação dos pavimentos flexíveis de Concreto Asfáltico também carece de muita qualidade das empresas aplicadoras.

O Para Vibrações por Impactos. Soluções? As vibrações nas estruturas das pontes, sempre prejudiciais, são – basicamente – causadas pelo impacto do tráfego, rodando sobre pavimentos irregulares e desníveis entre as aberturas das juntas de dilatação e nas cabeceiras das pontes. O excesso de carga sem dúvidas, agrava a situação. O problema é que, por falta de manutenção dos itens acima, as pontes são prejudicadas. Como as manutenções não ocorrem com a frequência necessária, o ciclo vicioso se forma. Falta de manutenção; tráfego pesado; pavimento deteriorado. Pavimento deteriorado; tráfego pesado; vibrações induzidas na estrutura das pontes. Vibrações induzidas nas estruturas das pontes danificam as pontes. Falta de manutenção, e o ciclo continua...

Sem investimentos constantes em manutenção das pontes e seus pavimentos, não se quebra este ciclo.

O Para Ambientes Agressivos. Na implantação de uma ponte, o local está definido e não se consegue escolher lugar em ambiente não agressivo. Daí que, o projeto da ponte (de concreto) deve prever um cobrimento de armadura bem maior que o mínimo tradicional. O concreto com traço mais rico, menos permeável ou poroso, a execução muito mais criteriosa do que o tradicional, tudo isso encarece a obra. Com orçamentos reduzidos, opta-se por projetos “normais”, sem a devida proteção contra ambientes agressivos. Resultado: danos precoces às pontes.

O Para falta de Conservação e Manutenção (ou, Pouca Relevância, ou, Abandono ou falta de Gestão) tem solução? Sim, mas, teria que haver mudança de cultura dos viabilizadores (os políticos) das construções das pontes, e, mudanças grandes nos métodos de Gerenciamento, quando existirem, dessas pontes. Pouquíssimos órgãos gestores de pontes tem SGOs Os órgãos gestores que tiverem SGO, teriam que melhorar o que tem. Os que não tiverem nada (que são a imensa maioria), teriam que criar e implementar os seus programas. Há centenas, milhares de estudos, pesquisas, trabalhos TCCs de graduação, pós graduação, doutorado, congressos, e agora os “webinars”, todos sendo unânimes em afirmar sobre a importância da conservação/manutenção e recuperação das OAEs para se permanecer com esses ativos funcionais e, com a

maior “Vida Útil” possível, sem riscos estruturais. É uma tarefa muito difícil, quase impossível, pois os gestores desse ativos tem que concorrer, nos Orçamentos Anuais, com as destinações de verbas públicas para Segurança, Educação, Saneamento e Saúde. Tarefa quase impossível, até que aconteça um acidente.

7) Conservação e Manutenção Periódica, Regular, Programada e Monitorada.

Está claro, óbvio, transparente, para toda a comunidade técnica do Brasil e do mundo, que as pontes precisam de conservação e manutenção regulares. Os danos e Manifestações Patológicas precisam de firme atuação da Engenharia de Manutenção. Os ataques ao concreto, suas causas e/ou danos por: ataques de sulfatos, de cloretos, carbonatação, Reação alcali-agregado (RAA), lixiviação, fissuras, etc, são conhecidos. Porém, causas como intempéries, ambiente agressivo, sobrecarga por excesso (legal ou ilegal) de peso de caminhões, intensidade de tráfego, variação da umidade, variações de temperatura, sobrecargas não previstas, falhas de projeto, má qualidade da construção, vibrações por impacto, materiais de baixa qualidade, e execução com prazos (políticos) inexecutáveis, dentre outras, são inevitáveis.

Não podemos esquecer os Aparelhos de Apoio, e, os enormes problemas que causam as Juntas de Dilatação, principalmente das grandes pontes, mas, esses dois itens se encaixam nos problemas de Materiais de Construção, exigindo rigoroso Controle de Qualidade do fornecimento, comumente negligenciado.

Estamos entendendo que o conhecimento das causas e das consequências (Manifestações Patológicas) leva à necessidade de um Programa de Conservação/Manutenção e Monitoração bem feito, planejando, definido a regularidade, a periodicidade, e a qualidade dos serviços. Isto é essencial. Mas, onde estão esses Programas? O fato, a vida real, é que, sem dotação orçamentária, os gestores de pontes não tem como fazer os serviços de Conservação/Manutenção. Então para que o Programa? Para que planejar?

Mais um ciclo vicioso para os gestores de pontes: as pontes estão deterioradas; não temos dotação orçamentária para serviços de Conservação/Manutenção; não temos cadastro; não fazemos a Conservação/Manutenção; não Planejamos a Conservação/Manutenção; não há dotação orçamentária para Programas de Conservação/Manutenção; as pontes se deterioram, até o quase colapso, ou o efetivo desastre. Será que, algum dia teremos a solução? Essa é a proposta deste trabalho prático, o de apresentar a solução “e” a viabilização técnica e financeira para isso.

8) Inspeções Visuais – ABNT NBR-9452/2019

Já sabemos que: no cumprimento dos programas de Conservação/Manutenção falta um item importantíssimo: as INSPEÇÕES VISUAIS. Tão essenciais quantos as pontes são para o tráfego confortável e seguro, são as “Inspeções Visuais” para a segurança, funcionalidade e durabilidade das estruturas.

As Inspeções Visuais são o elo faltante entre a expectativa de termos pontes em bom estado de conservação e o efetivo bom estado das pontes. É o que se tentará demonstrar neste trabalho.

Mas, Inspeções Visuais de pontes já são executadas há anos. Certo? Sim e não. Mais “não” do que “sim”.

As verbas orçamentárias para Inspeções Visuais também são muito escassas ou zero. Então, 90% das Inspeções Visuais em pontes se faz nos locais de fácil acesso, nos Encontros da estrutura em ponte com o solo. Aí se inspeciona o Encontro, o talude, blocos de fundação em solo, viga travessa, pilares em solo os Aparelhos de Apoio desses pilares, o pavimento da ponte, sua parte Funcional, mas, para inspecionar o que for distante ou de acesso difícil (sobre água) se olha de longe, usando, no máximo um binóculo ou máquina fotográfica com zoom. É quase nada. Mas, vejamos a importância dada às Inspeções Visuais:

O DNIT em sua norma 010/2004-PRO de Inspeções em pontes e viadutos de concreto, orienta:

*“A inspeção de um a ponte deve ser conduzida de forma sistemática e organizada, de modo a garantir que **todo elemento estrutural seja inspecionado**; adequadas fichas de inspeção garantem este procedimento. O documento fotográfico ou de imagens digitalizadas deve ser abrangente e completo; **um mínimo de seis fotos** deve registrar vista superior, vista inferior, vistas laterais e **detalhes** de apoios, articulações, juntas etc; defeitos eventualmente encontrados em qualquer elemento estrutural devem ser **cuidadosamente examinados e registrados** para permitir avaliar suas causas” (DNIT 010 - PRO- 2004). Grifos nossos.*

O DNIT cita que, “em alguns casos, é indispensável o uso de ferramentas e equipamentos especiais que, somente serão necessários quando se constituírem no único meio de inspecionar os trechos de interesse”

O que diz a norma do BRIME – BRIDGE INSPECTIONS IN EUROPE sobre conservação das pontes?

Degradation of bridge structures is a world-wide problem.

Ou seja, diz o BRIME que, estamos todos no “mesmo barco” quanto à deterioração das estruturas de pontes, e, as orientações de solução são no sentido de se fazer, inspeções, inspeções e inspeções. E sobre Inspeções o que diz o BRIME? No seu Item 3.2 normatiza:

3.2 BRIDGE INSPECTION

3.2.1 Superficial inspections - The aim is to observe major defects (for example damaged safety barriers)

3.2.2 General inspections - General inspections are a visual examination of all the accessible parts of a bridge but without the use of special access equipment.

3.2.3 Major inspections - The aim is to get within touching distance of all parts of the bridge and make a visual assessment of the condition. Therefore access must be provided.

3.2.4 In-depth inspections - The inspection includes extensive measurements both on site and in the laboratory to determine the cause and extent of the damage or deterioration..

3.2.5 Special inspections - Special Inspections are carried out where there is a particular problem or concern

A norma IP-DE-C00-001-A de 2005, do DER-SP, define, nas especificações de projeto, que haja acessos para Vistorias:

k) detalhes das aberturas de passagem na laje inferior e nas transversinas para as obras em caixão perdido para efeito de vistorias. Nas lajes inferiores, as aberturas são de no mínimo 80 cm de largura ou de diâmetro, fechadas com chapas de aço e fixadas com parafusos;

l) detalhes dos dispositivos de acesso às aberturas de passagem na laje inferior, junto aos apoios e no meio da obra para as obras em caixão perdido, para efeito de manutenção e vistorias.

E foram feitos os acessos? Existem na maioria das OAEs? Não!

O que se vê no dia-a-dia das Inspeções Visuais é que, nos locais de difícil acesso e visualização (90% da estrutura das ponte, que são os trechos sobre água), ninguém vai inspecionar!

Quando há serviços a fazer, ou pretende-se fazer coleta de testemunhos do concreto ou realizar algum Ensaio Não-Destrutivo, aí os equipamentos e dispositivos especiais são usados a saber: a ARTESP, na sua norma de número ET-00. 000.000-0-C21 / 002 "Controle das OAEs" de 2007," alerta que devem ser usados dispositivos que possibilitem o acesso aos locais de difícil acesso das estruturas das OAEs:

"Visando, então, a obtenção de dados para um detalhado mapeamento, deverão ser providenciados acessos adequados de forma que possam ser atingidos todos os pontos componentes da estrutura, lateralmente e sob a obra e, se for o caso, internamente, no caso de caixões, por exemplo. Dessa forma, conforme o caso poderão ser utilizados: escadas telescópicas; andaimes tubulares; caminhões plataforma; caminhões dotados de dispositivos hidráulicos especiais; treliças móveis; guindastes;escada tipo marinheiro; barcos ou flutuantes;barcos dotados de dispositivos para investigações subaquáticas. Esses recursos podem ser utilizados individualmente ou combinados, além de outros Métodos, que possam se mostrar adequados para cada situação.

O FHWA-USA publica na sua norma (manual): FHWA NHI 12-049/2012 "BRIDGE INSPECTOR'S REFERENCE MANUAL", no Item 2.5 listando os métodos de acesso: "equipamentos e veículos" para se alcançar lugares de difícil acesso das estruturas das pontes: 2.5 Methods of Access:

2.5.1	Inspectors using a Ladder with the Proper 1H to 4V Ratio	2.5.1
2.5.2	Inspector using a Hook-ladder	2.5.2
2.5.3	Rigging for Substructure Inspection	2.5.3
2.5.4	Rigging for Superstructure Inspection	2.5.3
2.5.5	Scaffold	2.5.4
2.5.6	Inspection Operations from a Barge	2.5.5
2.5.7	Climber.....	2.5.5
2.5.8	Inspector Using Float	2.5.6
2.5.9	Inspector Rappelling Substructure Unit	2.5.6
2.5.10	Climbing.....	2.5.7
2.5.11	Catwalk	2.5.8
2.5.12	Traveler Platform	2.5.9
2.5.13	Handrail on Girder Bridge	2.5.10
2.5.14	Handrail on Suspension Bridge.....	2.5.10
2.5.15	Manlift.....	2.5.11
2.5.16	Scissor Lift	2.5.12
2.5.17	Bucket Truck.....	2.5.13
2.5.18	Track-mounted Man-lift in a Stream.....	2.5.13
2.5.19	Track-mounted Man-lift on a Slope.....	2.5.14
2.5.20	Under Bridge Inspection Vehicle with Bucket	2.5.14
2.5.21	Under Bridge Inspection Vehicle with Platform.....	2.5.15



Figure 2.5.14 Handrail on Suspension Bridge

Inspeção em Ponte Suspensa – Foto FHWA-2012

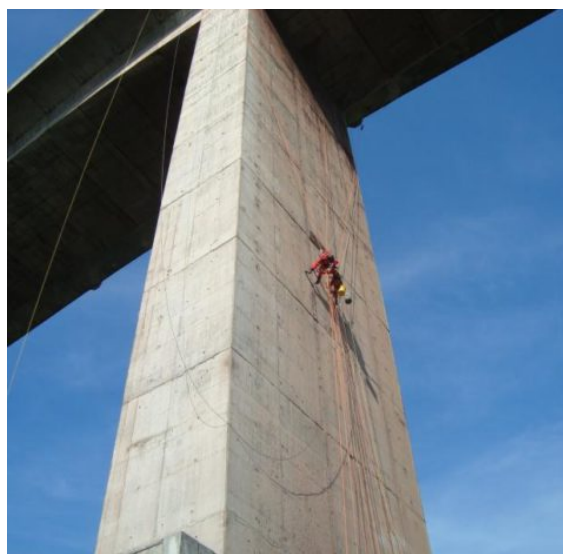


Foto - Inspeção de pilar de ponte com Rapel

Nada diferente do que já é tradicional e bem conhecido no Brasil, voltamos a afirmar que, quaisquer destes processos com “equipamentos e veículos especiais” devido aos altos riscos, interferência com o tráfego e, altos custos, são raramente empregados.

9) Robótica e Veículos Autônomos

O mundo está, cada vez mais, se utilizando da robótica, dos veículos autônomos, da operação remota de equipamentos, dos robôs que trabalham submersos, em solo, combatem incêndios, e transportam pessoas. Já existem, em início de “operação assistida” sem operadores veículos super-pesados do tipo “fora-de-estrada” em obras de construção civil e minas. Empresas inovadoras hi-tech, start-ups, e as tradicionais de alta tecnologia estão investindo fortemente em automação, tecnologia, em “Internet das Coisas”, e inteligência para suprir as demandas. Já em testes operacionais por empresa dos USA, aviões adaptados, autônomos.

E como as nossas pontes e suas Inspeções Visuais podem se beneficiar de toda essa evolução tecnológica? De fato estamos atrasados. Até hoje usamos “rapel”. Nada contra os heroicos especialistas que praticam essas arriscadas manobras para realizar inspeções, fotografar, nos informar de algum problema, ou até fazer serviços em grandes alturas. Mas, a proposta deste “paper” é que se evolua tecnologicamente e se consiga realizar, com mais segurança, menos riscos, sem transtornos para o tráfego sobre as pontes, e, de forma mais econômica, as Inspeções Visuais. Por enquanto, somente as Inspeções Visuais.

Quando se fala em “tendências” é sobre algo que acontecerá ou já acontece independente da nossa vontade pessoal. Assim estão, no Brasil e mercado mundial, os robôs que voam, os veículos aéreos ou Aeronaves Remotamente Pilotadas (abreviados no Brasil de RPAs ou Remotely Piloted Aircrafts). Os “Drones”.

10) Drones

Mas, e nossas pontes? Como cumprir a NBR 9452/2019? Como inspecionar as pontes se é difícil o acesso? Temos que ter acesso seguro aos locais das estruturas. A nova ferramenta: os Drones.

Improved assessments allow for limited resources to be better allocated in repair and maintenance efforts, thereby extending the service life and safety of bridge assets, and minimizing costs of service-life extension.
(THERESA M. AHLBORN – MICHIGAN TECH - 2011)

Entre os Drones pequenos e recreacionais até os Drones militares de longo alcance, há uma variedade imensa de modelos, finalidades, em especial, as atividades comerciais. No Brasil, há centenas de empresas e milhares de profissionais envolvidos diretamente em atividades e serviços com Drones.

No segmento de foto e videografia profissionais, o uso de Drones e de câmeras (SteadyCam) já acontece há tempos. Essa tecnologia, agora embarcada em Drones (os “gimbals”) já são também de uso rotineiros.

Um dos setores da economia que mais utilizam a tecnologia dos Drones é o Agronegócio. A chamada “Agricultura de Precisão” usa Drones para: sensoriamento remoto, levantamento e demarcação de áreas por GPS, Cadastro Territorial e Ambiental Rural, monitoramento da saúde do plantio, detecção de seca, de pragas, de falhas de plantio, quantidade de água, pulverização de fertilizantes e defensivos, plantio, contagens (do número de plantas e cabeças de gado). Para algumas dessas facilidades, são usadas câmeras (sensores) especiais que detectam o NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) por meio de aerofotografias e câmeras especiais de detecção de espectros de cores.

Indo agora para a Engenharia, na área de O&G, offshore, e onshore, as inspeções com Drones já ocorrem de maneira regular em instalações industriais, refinarias, plataformas, e dutos.

Fachadas de Edificações – a norma ABNT-NBR/5674:2012 - determina a realização de inspeção das fachadas de edificação. Fachadas já estão sendo inspecionadas por termografia com drones.

- ✓ ***IPT avança na termografia com drone para a construção civil - O Instituto de Pesquisas Tecnológicas deu início a pesquisas na linha de termografia com o auxílio de drones. A câmera de infravermelho fornece uma imagem térmica (o chamado termograma) com dados de temperatura da superfície da fachada. A tecnologia possibilita a inspeção em regiões da edificação de difícil acesso, registrando anomalias de maneira rápida em imagens de alta definição. FAPESP – 2021***
- ✓ ***Termografia na construção civil - Laboratórios do IPT unem esforços para inspeção de fachadas com câmera de infravermelho embarcada em Drone - Notícias IPT – 2021***

Na construção de rodovias já podem ser executados por aerofotogrametria com drones: levantamentos preliminares, estudos de locação, de traçado, MDS e MDT. Já é possível, se necessário, levantamentos com precisão topográfica, cálculo de volumes, e acompanhamento de obras, inclusive “Time Lapse”.

Na operação e manutenção de rodovias, onde se encontram as principais OAEs, já podem ser inspecionados os seguintes itens de Ativos na Faixa de Domínio - limpeza, limites e cercas, ocupações regulares, ocupações irregulares, invasões, redes elétricas, controle de acessos regulares e irregulares, controles de áreas verdes e de Proteção Ambiental, Passivos Ambientais, Dispositivos de Proteção e Segurança, sinalização viária, taludes, terraplenos, Cortinas Atirantadas, etc.



A partir das imagens colhidas nas inspeções é possível verificar o estado do talude com relação à presença de erosão, deficiência no revestimento vegetal protetivo e danos ou assoreamento nos dispositivos de drenagem superficial com foco na estabilidade. NILTON VELIHOVETCHI - 2018

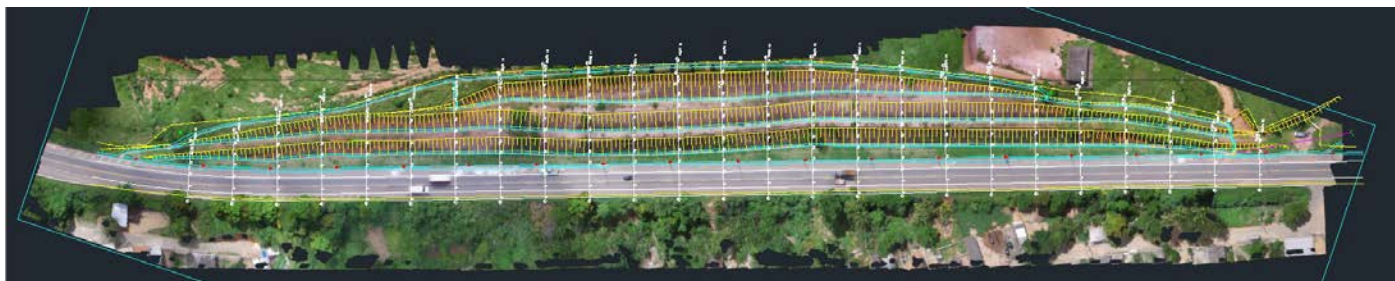


Imagem ortomosaico de Terrapleno sobre AutoCad



Imagem de Inspeção com Drone de Cortina Atirantada com imagem termográfica

Nas Inspeções Visuais das pontes, a dificuldade de acesso será muito mitigada pelo uso dos Drones. A parte inferior das lajes superiores, vigas longarinas, vigas travessas, pilares (desde o bloco até o topo), os Aparelhos de Apoio, e caixões dentro de aduelas, antes de acesso difícil, agora serão inspecionados.

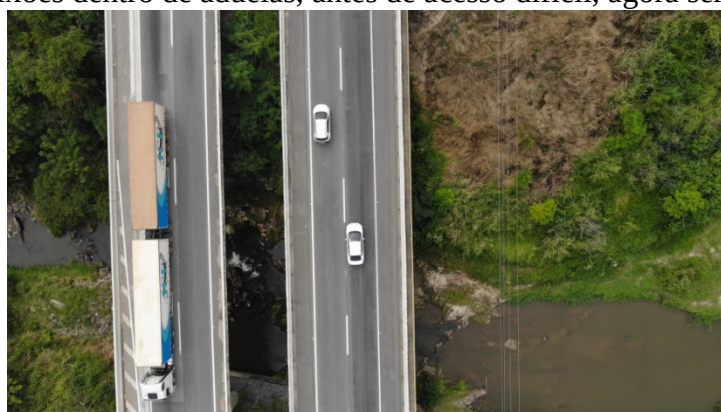


Foto - Inspeção aérea de ponte em rodovia



Foto – Inspeção Visual de Aparelho de Apoio em ponto de acesso difícil (altura)



Foto - Inspeção Visual parte inferior da laje de acesso difícil (altura)

11) Conclusões

Robótica, Inteligência Artificial, veículos elétricos, veículos autônomos, GPS, Smart Phones, Controle Remoto de equipamentos, aviões sem piloto, tudo isso é relativamente novo. Assim estão os Drones. A cada dia há um lançamento. Cada dia uma nova atividade comercial é favorecida por um Drone, por novos aplicativos, profissionais, e empresas. A topografia tradicional, com topógrafo mais ajudantes, trenas, nível, teodolito, Estação Total, etc, tem seus dias contados. Os Drones farão o serviço. A mesma consideração vale para quem é motorista profissional (taxis, UBER, caminhões pesados, etc). Os veículos autônomos vão substituir os operadores e motoristas. Podemos não entender, não gostar, não concordar mas, os Drones estão aqui para ficar. Vejam quais mega-empresas já tem Drones próprios: Amazon, BOEING, UPS, DHL. Outras já usam serviços de Drones regularmente: FEDEX, Walgreens, Walmart dentre outras. Mas no nosso caso de inspeções de pontes há um “case” emblemático: a imensa e poderosa INTEL, em 2015 fabricava “chips” específicos para uma “start-up” da Alemanha que fabricava Drones. Em 2016 a INTEL comprou a AscTec (Ascending Technologies). Hoje a INTEL é fabricante do seu próprio Drone, projetado para inspeções, sendo (na minha opinião), o melhor Drone de inspeções de pontes do mundo. Os Drone em inspeção de pontes. Dessa forma, com o uso dessa poderosa ferramenta tecnológica, poderemos, de fato, com mais segurança, menor risco, menores prazos, e – atenção – menores custos, atender à ABNT-NBR-9452/2019 e inspecionar, monitorar, proteger e manter nossas tão importantes pontes.

12) Referências

- ABNT-NBR-9452/2019 – Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto- Procedimento.
- DNIT 010/2004 – PRO - Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento.
- PAULO JORGE SARKIS, JORGE MARTINS SARKIS – Uso de Drone em Inspeção e Definição de Recuperação em OAEs – (CBPE 2016).
- FERNANDO JR RESENDE MASCARENHAS; ROBERTO CHUST CARVALHO; JOSÉ AFONSO PEREIRA VITÓRIO – Uma análise das atuais condições das pontes e viadutos das rodovias brasileiras – (IBRACON CBC-2019).
- MOUNIR KHALIL EL DEBS, MAXIMILIANO MALITE, TOSHIKI TAKEYA, JORGE MUNAIAR NETO, JOÃO BENTO DE HANAI - Análise das consequências do tráfego de CVC's sobre o comportamento estrutural das obras de arte da rede viária do DER-SP – USP-São Carlos (DER-SP – (2001).
- ELISA S BELIZÁRIO e MICHELE S PFEIL - “Verificação à Fadiga em Pontes Rodoviárias de Concreto Armado no Brasil - Avaliação de Critério Normativo Simplificado” – 2018.
- GILBERTO ADIB COURI – “Integridade Estrutural – Ensaios” – (em Estruturas de Concreto) – 2013.
- IBRACON - Debate Técnico "INSPEÇÃO, DIAGNÓSTICO E MANUTENÇÃO DE PONTES E VIADUTOS" - (maio/2005).
- THERESA AHLBORN, DEVIN HARRIS, COLIN BROOKS AND LARRY SUTTER – “Bridge Condition Assessment Using Remote Sensors” - “Integration of Traditional and Non-Traditional Remote Sensing for Bridge Condition Assessment” - Michigan Technological University – SHMII-5: 5th International Conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure - Cancun Mexico 2011

13) Agradecimentos

Agradecemos muito aos Srs: Carlos Henrique Paiva Siqueira, Leandro Rohr, Marcelo França Ferreira, Matheus Campos, Nilton Velihovetchi, Ricardo José dos Santos Cunha. Sem os Srs, esse trabalho não seria possível. Agradecemos também à empresa Terra Drone Brazil.