

Estudo de Caso de Obras de Arte Especiais da Rodovia Estadual AL-101 no Estado de Alagoas

Rodrigo Pereira¹, Vitor Araújo Martins², Pedro Henrique Lucena³, Caroline Pedrosa Alves⁴

¹Strata Engenharia Ltda. / rodrigoestruturas@gmail.com

²Strata Engenharia Ltda. / vitoraraujomartins@outlook.com

³Strata Engenharia Ltda. / pedrohenri_que@outlook.com

⁴Strata Engenharia Ltda. / caroline.pedrosaalves@gmail.com

Resumo

As Obras de Arte Especiais (OAEs) assumem um papel de grande importância em um mundo com relações cada vez mais globalizadas, maiores necessidades comerciais e de locomoção das pessoas. Assim como os edifícios, as pontes e viadutos também sofrem com processos de deterioração dos seus materiais, principalmente no concreto, criando assim a necessidade de inspeções e de serviços de manutenção e reabilitação. As inspeções de OAEs encaixam-se nesse contexto como uma forma de atenuar os danos e, conseqüentemente, os gastos com intervenções.

O objetivo desse trabalho é, por meio da análise de um trecho selecionado, demonstrar a situação atual das OAEs brasileiras. Nesse sentido, selecionou-se o trecho da rodovia estadual AL-101 no estado do Alagoas, analisando todas OAEs componentes, onde foram quantificadas as ocorrências das principais características de seus sistemas estruturais e suas manifestações patológicas.

Palavras-chave

Inspeção rotineira; Pontes; Viadutos; Manifestações patológicas; Deficiências funcionais.

1. Introdução

As Obras de Arte Especiais (OAEs) constituem-se como um elemento de fundamental importância para o funcionamento da sociedade e suas relações atuais. As obras permitem a transposição do curso d'água ou de rodovias, avenidas e vales, possibilitando a acessibilidade de pessoas, serviços, bens e suprimentos.

Suas estruturas podem ser constituídas por alvenaria de pedras, madeira, aço, concreto armado ou protendido. O concreto armado é o sistema mais comumente utilizado na construção de pontes no Brasil. Sendo assim, as OAEs estão sujeitas a manifestações patológicas e a um processo de deterioração muito parecido com a dos edifícios.

Conforme importância e necessidade de sua utilização faz-se necessário que essas mantenham suas características e condições de uso. Nesse contexto, inserem-se as inspeções de Obras de Arte Especiais. As Inspeções Rotineiras e visuais têm como objetivo a identificação de deficiências funcionais e manifestações patológicas, além de acompanhar a evolução dos danos. As principais vantagens do método são a rapidez e o baixo custo para a obtenção de uma quantidade relevante de informações, sem que sejam necessários métodos como ensaios destrutivos. Essa ideia é demonstrada na figura 1.

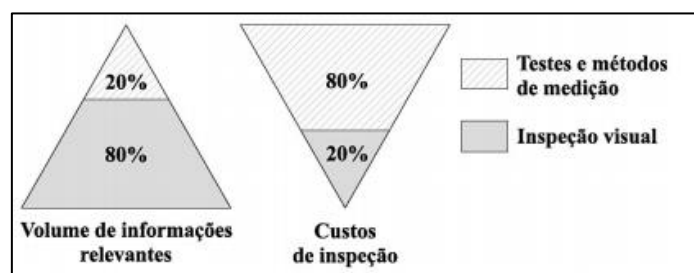


Figura 1 – Relação custo-benefício das inspeções visuais (Verly (2015)).

Além das vantagens técnicas acerca das inspeções, é importante salientar também os custos em relação à manutenção. As inspeções rotineiras possibilitam a identificação dos danos antes que os mesmos se agravem, resultando em intervenções menos custosas. A Figura 2 indica, por meio da Lei de Sitter, o quanto a manutenção corretiva é mais onerosa que a preventiva.

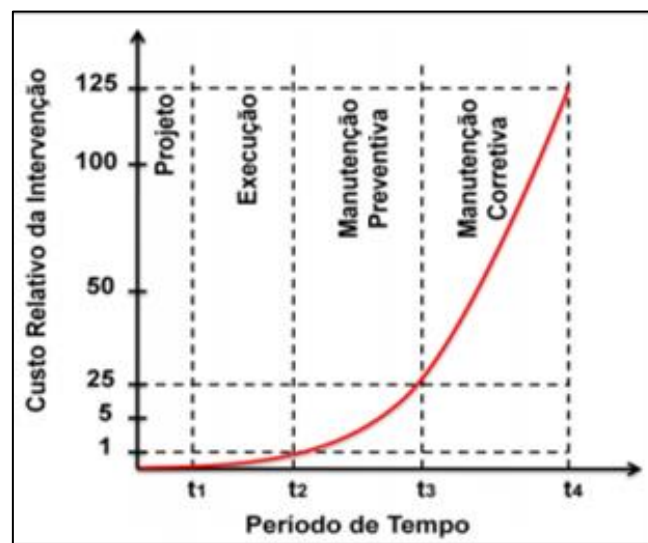


Figura 2 – Lei de Sitter (Helene, 1992 *apud* Cavalli, Dotaf, 2008).

Dessa maneira, o presente trabalho objetiva demonstrar, por meio da análise de um trecho pré-selecionado, a realidade das OAEs brasileiras, identificando como se distribuem, em termos de frequência, as principais manifestações patológicas, além de comprovar a eficiência das inspeções rotineiras visuais quanto ao volume de informações levantadas. O objetivo final desse levantamento é traçar a estatística dessas ocorrências.

2. Estudo de Caso

Optou-se pelo trecho da AL-101 que está inserido dentro da região Metropolitana de Alagoas. Por meio dessa análise, serão levantadas as manifestações patológicas comuns dessas obras, assim como a provável época de execução, conforme as seções transversais clássicas. Tais seções podem ser verificadas na Figura 3, e estão de acordo com o Manual 709 (BRASIL, 2004).

O segmento escolhido é composto por 28 OAEs, todas tendo o concreto como principal material de construção. As obras foram numeradas de 1 a 28 conforme sua localização na via, do sul para o norte. A distância entre a primeira e a última OAE é de 66,3 km. A distribuição das mesmas está disposta na Figura 4.

O levantamento das 28 OAEs pode ser verificado nas Tabelas 1 e 2. Na primeira, estão registradas as informações de cadastro das obras, como a identificação, as medidas geométricas de extensão e largura, além das coordenadas de latitude e longitude. Na segunda, além da provável época de execução da obra, foram analisados os dispositivos de segurança, as juntas de dilatação e aparelhos de apoio, a ocorrência de infiltrações devido a insuficiências das pingadeiras e dispositivos de drenagem do tabuleiro, fissuras ou trincas, exposição e oxidação das armaduras, lixiviação no concreto e manchas de eflorescência ou carbonatação, identificando em quais das OAEs havia problemas relativos a esses itens e assinalando estas com um “X”.



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

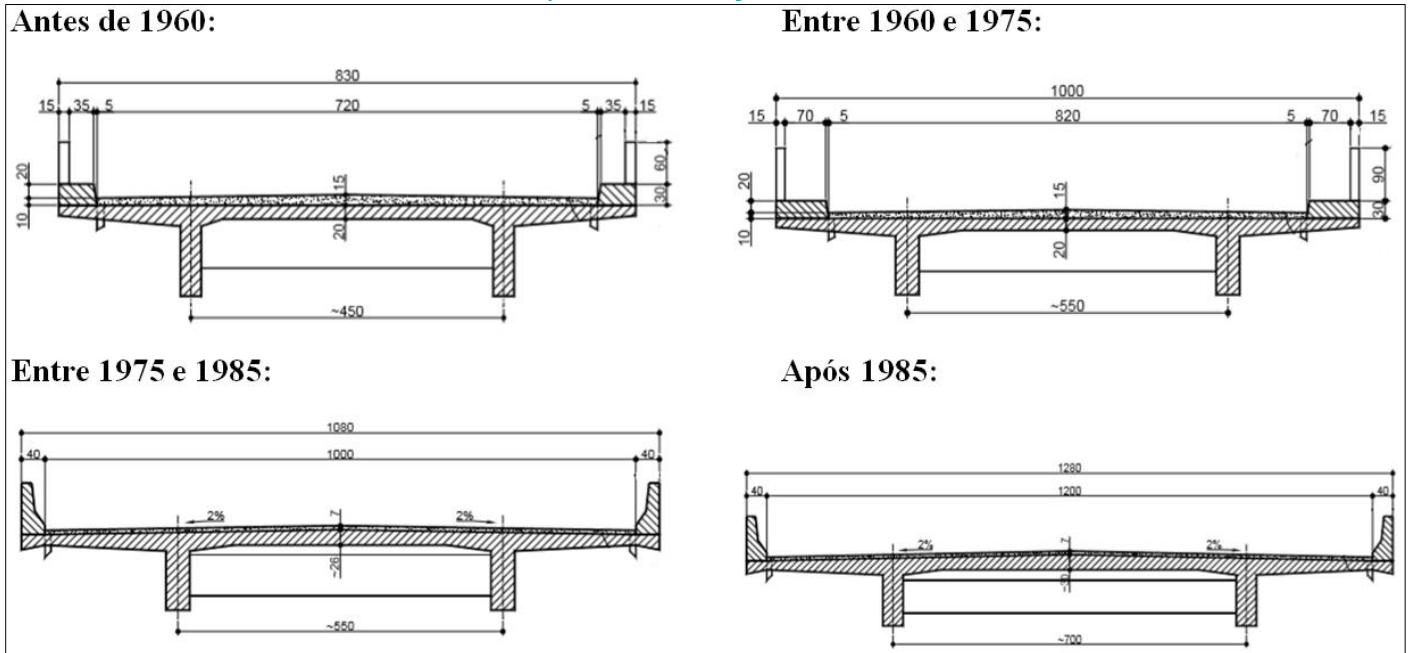


Figura 3 – Correspondência das seções transversais tipo com a época de construção (adaptado de MANUAL 709 (BRASIL, 2004)).



Figura 4 – Localização das 28 OAEs.



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

Tabela 1 – Levantamento cadastral.

OAE	Identificação - Escritório	Extensão (m)	Largura (m)	Latitude	Longitude
1	Ponte sobre o Rio Niquim (LD)	50,00	10,00	9° 49.787'S	35° 53.641'O
2	Ponte sobre o Rio Niquim (LE)	70,00	11,35	9° 49.780'S	35° 53.644'O
3	Ponte sobre o Rio Maceiozinho (LD)	30,00	10,00	9° 49.151'S	35° 52.801'O
4	Ponte sobre o Rio Maceiozinho (LE)	30,00	11,35	9° 49.131'S	35° 52.811'O
5	Ponte sobre o Rio Paraíba III (LD)	198,00	10,00	9° 44.044'S	35° 49.976'O
6	Ponte sobre o Rio Paraíba III (LE)	262,02	11,35	9° 44.044'S	35° 49.983'O
7	Ponte Divaldo Suruagy (LD)	380,00	13,40	9° 41.807'S	35° 47.083'O
8	Ponte Divaldo Suruagy (LE)	306,00	10,00	9° 41.816'S	35° 47.043'O
9	Viaduto Portal da Barra	55,00	11,35	9° 41.947'S	35° 46.754'O
10	Ponte sobre o Rio Jacarecica (LD)	31,80	10,00	9° 36.710'S	35° 41.258'O
11	Ponte sobre o Rio Jacarecica (LE)	40,00	14,10	9° 36.709'S	35° 41.266'O
12	Ponte 4 (Município Maceió)	8,80	14,90	9° 36.024'S	35° 40.756'O
13	Ponte (Praia de Guaxumã)	24,65	9,90	9° 35.550'S	35° 40.391'O
14	Ponte 3 (Município Maceió)	8,80	14,10	9° 35.315'S	35° 40.162'O
15	Ponte (Praia de Garça Torta)	17,00	9,70	9° 35.191'S	35° 40.028'O
16	Ponte sobre o Riacho Doce 2	12,00	10,85	9° 34.440'S	35° 39.336'O
17	Ponte sobre o Rio Prataji	51,50	9,85	9° 34.038'S	35° 39.040'O
18	Ponte sobre o Riacho Doce	7,40	11,00	9° 33.875'S	35° 38.811'O
19	Ponte 2 (Floriano Peixoto)	8,65	13,80	9° 33.021'S	35° 37.923'O
20	Ponte 5 (Município Maceió)	7,00	15,90	9° 32.488'S	35° 37.250'O
21	Ponte sobre o Rio Meinim	51,90	8,40	9° 31.972'S	35° 36.976'O
22	Ponte sobre o Rio do Senhor	17,00	10,00	9° 31.556'S	35° 36.197'O
23	Ponte (Floriano Peixoto)	21,00	10,00	9° 30.603'S	35° 35.535'O
24	Ponte sobre o Riacho Ipioquinha	17,60	8,10	9° 30.114'S	35° 35.211'O
25	Ponte sobre o Rio Fortes Vão	11,70	11,80	9° 28.741'S	35° 34.215'O
26	Ponte sobre o Rio Suaçuhy	24,00	11,80	9° 28.681'S	35° 34.151'O
27	Ponte sobre o Riacho Cacheu	8,30	7,90	9° 27.390'S	35° 32.367'O
28	Ponte sobre Rio Sapucaí	44,90	11,80	9° 26.262'S	35° 31.801'O

A partir da análise do quantitativo da tabela 2, desenvolveu-se um gráfico agrupando as pontes de acordo com a sua época de construção, levando o Manual 709 e o exposto na Figura 3 como referência. Foi possível notar que apenas 22% das OAEs possuem características de obras construídas após 1985, período no qual as obras passaram a ser projetadas em correspondência com as normas vigentes. Dessa forma, é possível que os outros 78% de pontes não sejam dimensionadas para o trem tipo TB-45. O dimensionamento de obras para TB-24 ou TB-36 é considerado pelo DNIT como uma deficiência funcional, podendo essa deficiência contribuir com a origem e o desenvolvimento de manifestações patológicas nos elementos estruturais como vigas, pilares e aparelhos de apoio. O restante da distribuição pode ser verificado na figura 5 a seguir.



Figura 5 – Distribuição de OAEs de acordo com a provável época de construção.



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

Tabela 2 – Levantamento de manifestações patológicas.

OAE	Período de construção	Infiltração no tabuleiro	Degradação do devedimento biológica	Concreto desagregado ou Armaduras expostas e oxidadas	Fissuras ou trincas	Lixiviação e manchas de carbonatação	Juntas de dilatação danificadas	Manutenção do pavimento inadequada sobrepondo a junta de dilatação	Aparelho de apoio danificado ou deslocado	Guarda corpo destruído ou danificado
1	1960-1975	X		X	X	X		X		X
2	Após 1985	X						X		
3	1960-1975	X		X		X		X		X
4	Após 1985	X				X		X		
5	1960-1975	X		X			X	X		X
6	Após 1985	X						X		
7	Após 1985	X		X		X		X		X
8	1960-1975	X		X		X	X	X		X
9	1975-1985	X					X	X		
10	1960-1975	X	X	X				X		X
11	Após 1985	X						X		
12	Antes de 1960					X	X	X		X
13	1960-1975	X		X			X	X		X
14	1975-1985	X		X		X		X		
15	1960-1975		X	X				X		X
16	1975-1985	X			X			X		X
17	1960-1975	X	X	X	X			X		
18	1975-1985	X		X				X		
19	1975-1985			X				X		X
20	1960-1975			X			X	X		
21	Antes de 1960	X	X	X	X			X		X
22	1960-1975	X	X	X				X		X
23	1960-1975	X		X	X	X	X	X		X
24	Antes de 1960	X	X			X		X	X	
25	1975-1985	X					X	X		
26	1975-1985	X			X	X		X		
27	Antes de 1960				X	X		X		
28	Após 1985	X	X		X	X		X	X	

Em seguida, com o objetivo de descobrir a proporção da ocorrência desses danos nas OAEs, elaborou-se um gráfico a partir da Tabela 2, que pode ser visto na Figura 6. Analisando o gráfico, percebe-se que todas as obras inspecionadas apresentavam ao menos uma de suas juntas sobrepostas pelo pavimento. Isto indica falta de conhecimento técnico em relação à execução dos serviços. O recapeamento sobre as juntas de dilatação causa a fissuração do pavimento paralelamente à junta, devido à menor elasticidade do material e à restrição a liberdade de movimentos (FERREIRA, 2013).

Por outro lado, cerca de apenas um terço das obras demonstraram possuir juntas sem boas condições de estanqueidade. Ferreira (2013) explica que as juntas dificilmente garantem estanqueidade e, dessa forma, expõem os aparelhos de apoio e os elementos de concreto aos efeitos da percolação de fluídos. Ramos (2017) complementa, atribuindo a perda de impermeabilidade devido ao rompimento da fita de neoprene ou de outro dispositivo de vedação.

Em relação aos guarda corpos, 50% das OAEs apresentaram algum dano no elemento, de concreto armado ou metálico. Os danos encontrados compreendiam desde a desagregação do concreto até a destruição total ou parcial do elemento. Por outro lado, as obras que possuem barreiras New Jersey como dispositivo de segurança apresentou o elemento em boas condições.



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

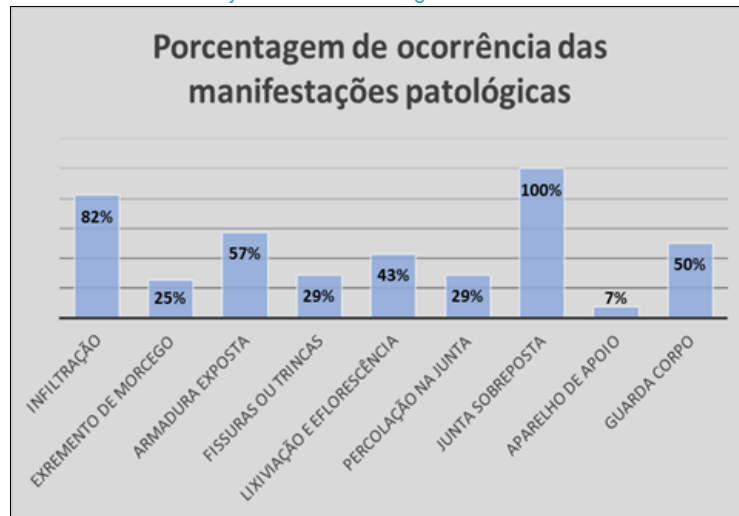


Figura 6 – Porcentagem de ocorrência das manifestações patológicas.

Em relação aos elementos estruturais, chamou a atenção à ocorrência de infiltrações no concreto. Incríveis 82% das obras sofrem com infiltrações na laje, decorrentes da danificação dos drenos e da ineficiência ou inexistência das pingadeiras. Notou-se também a associação das infiltrações com a lixiviação do concreto e manchas de eflorescência ou carbonatação, presentes em quase metade das obras, além da percolação da água para outros elementos, como as vigas.

A menor ocorrência se refere aos danos nos aparelhos de apoio. Verificou-se a existência de problemas no elemento em apenas 7% das pontes. Por outro lado, na maior parte das obras analisadas não foi possível verificar a existência dos mesmos.

Por último, agrupou-se a ocorrência das manifestações patológicas dos elementos estruturais para verificar o quanto a frequência de cada uma delas representa dentro o todo. O resultado pode ser verificado na Figura 7 a seguir.



Figura 7 – Distribuição de manifestações patológicas nos elementos estruturais.

Analisando o gráfico, destaca-se que as infiltrações correspondem a um terço dos danos encontrados. Mais uma vez, a alta incidência se deve às más condições dos buzinotes e pingadeiras. Silva, Monteiro e Vitorio (2018) classificam que os drenos danificados ou inexistentes representam o problema mais comum entre as obras que por eles foram estudadas.



XII CONGRESSO BRASILEIRO
de PONTES e ESTRUTURAS
7 a 11 de junho de 2021 - Congresso Virtual

Ressalta-se ainda que a ocorrência de danos associados à desagregação do concreto ou à exposição e oxidação das armaduras é de pouco mais de 20%. Freitas (2017) aponta a perda de resistência mecânica, uma vez que ocorre a redução da seção das peças de concreto e das armaduras. Já Mazer (2008) associa a corrosão do aço à fissuração e à falta de cobrimento, seja ele por erros de execução e projeto ou devido à desagregação.

3. Considerações Finais

A escolha pelo trecho da rodovia AL-101 inserido na região Metropolitana de Alagoas permitiu que fossem analisadas 28 Obras de Arte Especiais. Dentro do universo de OAEs da pesquisa havia características diversas, variando assim o tipo de estrutura, o sistema construtivo, o tipo de encontro, o tipo de OAE. Além disso, foram identificadas manifestações patológicas também diversas, que para auxiliar no levantamento e no tratamento dos dados foram unificadas em categorias mais abrangentes.

Não obstante, a partir das medidas geométricas das obras, do conhecimento dos elementos existentes e com o auxílio do Manual 709 (BRASIL, 2004), é possível estimar o período em que a OAE foi construída e, conseqüentemente, qual o tipo de dimensionamento da época.

Dessa maneira, traçando quantitativas e estatísticas de frequência e ocorrência de uma pequena amostragem, foi possível mostrar que a situação das OAEs brasileiras não é das melhores. O primeiro ponto demonstrado foi que, de acordo com o que estipula o Manual 709 (BRASIL, 2004), 78% das obras analisadas não foram construídas com TB-45. Isto indica que 4 a cada 5 obras não foram dimensionadas para atender as cargas do tráfego atual, que cresceu também em termos de volume.

Além disso, por meio do grande número de manifestações patológicas encontradas nas obras, é possível notar que não existe ainda a preocupação com a manutenção das boas condições das estruturas, ou que quando há alguma intervenção, a mesma não possui um nível de planejamento e qualificação adequado. Tais afirmações têm como base os altos índices de infiltração nas lajes devido aos dispositivos de drenagem danificados, danos nos dispositivos de segurança e das juntas sobrepostas pelo pavimento durante os processos de recapeamento.

Dessa forma, conclui-se que os objetivos iniciais do trabalho foram atingidos, uma vez que se demonstrou a eficiência das inspeções rotineiras e visuais por meio do volume de dados levantados, colocando em evidência a situação das pontes e viadutos brasileiros.

Referências

- Pesquisa. Coordenação do Instituto de Pesquisas Rodoviárias. Manual de inspeção de pontes rodoviárias. 2ª edição. Rio de Janeiro, 2004. (IPR. Publ., 709).
- CAVALLI, A. F.; DOTAF, T. S. Avaliação da degradação do concreto devido à contaminação das águas por esgoto doméstico. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação em Patologias nas Obras Civas) – Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2008.
- SILVA, C. J. G.; MONTEIRO, E. C. B.; VITÓRIO, J. P. A. Condições estruturais e funcionais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco. ALCONPAT, v. 8, n. 3, p. 79 – 93, 2018.
- FERREIRA, C. M. S. Tipologia, instalação, funcionamento e manutenção de diversos tipos de juntas de dilatação em obras de arte. Dissertação – ISEL. Lisboa, 2013.
- FREITAS, R. R. Estudo das principais patologias em estruturas de concreto armado provenientes das etapas de concepção, execução e manutenção. Trabalho de conclusão de curso – Faculdade Pitágoras de Londrina. Londrina, 2017.
- MAZER, W. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. Curitiba: Pini, 2008.
- RAMOS, M. O. Estudo da implantação de juntas de dilatação em pontes e viadutos. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – ULBRA. Palmas, 2017.
- VERLY, R. C. Avaliação de metodologias de inspeção como instrumento de priorização de intervenções em obras de arte especiais. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.