

DIAGNÓSTICO DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS BRASILEIRAS

Eduarda de Queiroz Motta, D. Sc.¹, Maria Helena Melo Ferrer de Moraes, M.Sc.², Fausto Henriques Martins Gomes Mafra Filho³, Eduardo Oliveira Barros⁴, Giovanni Baier Nunes⁵, Genival Andrade de Oliveira⁶ e Clayton José Gomes Silva, M.Sc.⁷

¹ DNIT – Ministério da Infraestrutura, SEMAB, Avenida Antônio de Góes 820, Pina, Recife, Brasil. 51.010-000
email: eduarda.motta@dnit.gov.br

² DNIT – Ministério da Infraestrutura, SEPLAN, Avenida Antônio de Góes 820, Pina, Recife, Brasil. 51.010-000

³ DNIT – Ministério da Infraestrutura, UL Recife, BR-101, S/N - Km 69,8, Curado, Recife, Brasil. 51240-340

⁴ DNIT – Ministério da Infraestrutura, SEPLAN, Avenida Antônio de Góes 820, Pina, Recife, Brasil. 51.010-000

⁵ DNIT – Ministério da Infraestrutura, UL Recife, BR-101, S/N - Km 69,8, Curado, Recife, Brasil. 51240-340

⁶ DNIT – Ministério da Infraestrutura, SECONT, Avenida Antônio de Góes 820, Pina, Recife, Brasil. 51.010-000

⁷ DNIT – Ministério da Infraestrutura e UFPE - Universidade Federal de Pernambuco, CTG - Departamento de Engenharia Civil, Av. Prof. Moraes Rego, 1235, Cidade Universitária, Recife, Brasil. 50670-901

A falta de manutenção resulta em elevados custos para reabilitação das Obras de Arte Especiais. No Brasil, a idade avançada das OAEs atrelada ao aumento das cargas solicitantes e à falta de conservação provocam o aparecimento progressivo de problemas patológicos, resultando em danos severos à operação rodoviária e à segurança dos usuários. Assim, realizaram-se inspeções padronizadas em 277 OAEs rodoviárias federais no estado de Pernambuco - Brasil. Utilizou-se a norma DNIT 010/2004 – PRO para identificar o estado de conservação e mapear manifestações patológicas. Os resultados permitiram diagnosticar a situação das estruturas, priorizar ações de recuperação e traçar estratégias de manutenção.

Palavras-chave: Inspeção de OAE; Pontes e Viadutos Rodoviários; Obras de Arte Especiais; Manifestações Patológicas, Manutenção.

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que no Brasil existem aproximadamente 137.000 Obras de Arte Especiais - OAE [1] das quais cerca de 6.134 estão sob a administração do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes/DNIT, autarquia federal ligada ao Ministério da Infraestrutura. Nesse universo, há em torno de 596 pontes, pontilhões e viadutos rodoviários localizadas no estado de Pernambuco, cuja responsabilidade é atribuída ao DNIT/PE. A malha rodoviária federal começou a ser implantada na década de 40 do século passado, sendo as décadas de 60 e 70 o marco da expansão rodoviária federal no país. Nesse contexto, as OAEs foram projetadas e dimensionadas segundo diferentes critérios e normas, constituindo, hoje, um conjunto de obras bastante heterogêneo, com sistemas estruturais e seções transversais inadequadas às normas vigentes. As OAEs da rede rodoviária brasileira federal, grosso modo, são caracterizadas por estruturas envelhecidas e degradadas, que necessitam ser avaliadas e readequadas quanto à capacidade de carga, à segurança viária e integridade física e ao conforto aos usuários.

Durante a vida operacional dessas estruturas, presenciou-se o aumento constante da frota de veículo e das cargas móveis transportadas e a ausência de ações de monitoramento, conservação, manutenção e restauração das estruturas. Nessa conjuntura, a proximidade de alcance da vida útil, concomitante com a ausência de políticas sistemáticas de gerenciamento das condições de operabilidade e de estabilidade, propiciam o avanço progressivo de anomalias e defeitos, fato que culminará com o atingimento do Estado Limite Último das OAEs.

A ausência da cultura das boas práticas de monitoramento e manutenção das obras de grande porte no Brasil é uma realidade bem conhecida. Acidentes graves vêm ocorrendo no país, prioritariamente, por falta de acompanhamento adequado e manutenção tempestiva. Segundo [2], no Brasil, a falta de programas voltados à manutenção de pontes e viadutos é um dos maiores problemas enfrentados pelo sistema rodoviário. Um dos fatores que contribui para isso é a ausência de políticas e estratégias voltadas para a conservação dessas obras, que, por sua vez, estão sobrecarregadas pelo grande fluxo de veículos pesados e com sobrepeso.

Diante desse cenário, o presente trabalho tem como objetivo diagnosticar a situação das OAEs no estado de Pernambuco, panorama que poderá ser extrapolado para o cenário nacional, uma vez que as idades de construção das estruturas, seus trem-tipos, suas cargas solicitantes e a deficiência de estratégias de recuperação e manutenção das mesmas são semelhantes. Para tanto, aplicou-se o normativo DNIT 010/2004 – PRO [3] para inspecionar 277 OAEs em Pernambuco, que equivalem aproximadamente a 50% das pontes, pontilhões e viadutos existentes na malha rodoviária federal no estado.

O trabalho, além de identificar as condições estruturais e funcionais das OAEs estudadas, também visa alertar para a necessidade de implementação de políticas públicas efetivas e eficientes de manutenção rotineira e preventiva para as OAEs de concreto armado. Através do planejamento estratégico é possível tomar a decisão de intervir na OAE com segurança, seja corrigindo as anomalias nas fases iniciais de deterioração, seja recuperando defeitos estruturais mais graves, ou, simples, conservando a boa condição da estrutura. É por meio de ações combinadas de monitoramento sistemático e manutenção tempestiva que se obtêm obras seguras, com durabilidade e vida útil prolongadas e economia de recursos.

2 METODOLOGIA

2.1 Localização e Caracterização das OAEs Inspeccionadas

Para desenvolvimento do trabalho foi aplicada a padronização de inspeção de pontes e viadutos da norma DNIT 010/2004 – PRO em 277 OAEs distribuídas por 11 das 15 rodovias federais que cortam o estado de Pernambuco, entre os anos de 2017 e 2018. Desse total de OAEs, 15 são viadutos, 73 pontilhões e 189 pontes, representando cerca de 50% das OAEs existentes na malha rodoviária federal no estado de Pernambuco. A Figura 1 traz a localização geográfica das rodovias aonde estão inseridas as OAEs estudadas. Como pode ser observado no mapa abaixo, a distribuição das rodovias inspeccionadas abrange todas as regiões de Pernambuco, representando mais de 85% da malha rodoviária federal no estado.



Fig.1. Mapa de localização das rodovias cujas OAEs foram inspeccionadas

A seleção das 277 OAEs obedeceu aos seguintes critérios: (a) apresentar problemas patológicos e/ou notas de avaliação de baixa classificação em inspeções anteriores; (b) relato de ocorrências de danos por parte de técnicos do DNIT; (c) relevância do segmento rodoviário; (d) demandas judiciais; e (e) limitação de recursos financeiros.

Dessa forma, as OAEs presentes no Quadro 1 representam a totalidade de pontes e viadutos existentes em determinado seguimento rodoviário.

Quadro 1. Distribuição das OAEs por rodovias

Rodovias em PE	BR-101	BR-104	BR-110	BR-116	BR-232	BR-316	BR-407	BR-408	BR-423	BR-424	BR-428
OAEs	16	14	21	6	11	72	30	10	18	26	53

O conjunto de OAEs estudadas apresentam as seguintes características:

- (i) São obras antigas, com idade média superior a 50 anos;
- (ii) 27% foram projetadas para o trem-tipo 240 kN;
- (iii) 66% foram projetadas para o trem-tipo 360 kN;
- (iv) 7% foram projetadas para o trem-tipo 450 kN;
- (v) 83% apresentam comprimento inferior a 50 m, com extensão média é de 33,18 m;
- (vi) 92% apresentam largura inferior a 12,80 m (largura mínima regulamentada pelo Manual DNIT 698 [4]).

2.2 Norma DNIT 010/2004 – PRO

Nesse trabalho empregou-se a metodologia estabelecida pela DNIT 010/2004 – PRO – Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido por ser a normatização classicamente utilizada pelo DNIT para inspeções de OAEs. É importante destacar que seu uso permitirá comparar os resultados obtidos com os dados oriundos de inspeções anteriores. Além disso, a utilização da DNIT 010/2004 – PRO propiciará a atualização dos dados oficiais do DNIT das OAEs analisadas.

Esse normativo tem como objetivo fixar “as condições exigíveis para a realização de inspeções em pontes, viadutos, pontilhões e bueiros de concreto estrutural (armado e protendido), utilizados em estradas de rodagem, e na apresentação dos resultados das referidas inspeções” [3]. Ainda de acordo com essa norma, as inspeções são classificadas em 5 (cinco) tipos: cadastral, rotineira, intermediária, especial e extraordinária.

As inspeções realizadas nesse trabalho foram de caráter rotineiro, cujo objetivo é verificar “visualmente a evolução de falhas detectadas em inspeção anterior, bem como anotar novos defeitos e ocorrências, tais como reparos, reforços recuperações e qualquer modificação de projeto, realizadas no período. As Inspeções Rotineiras devem registrar os defeitos visualizados no exterior das estruturas; as avaliações de alinhamento, prumo e deformações podem ser feitas visualmente” [3]. Com a conclusão das vistorias, consegue-se obter a condição geral da OAE tanto no aspecto estrutural como no funcional.

Ainda segundo a DNIT 010/2004 – PRO, as inspeções rotineiras devem ser sistemáticas e periódicas, devendo ser habitualmente realizadas a cada 2 anos. Os resultados obtidos pelas inspeções rotineiras são registrados em fichas específicas, padronizadas, para posterior inclusão no sistema de gestão das OAEs do DNIT. É ainda através dessas inspeções que, ao se detectar defeitos que possam afetar o desempenho da estrutura, danos críticos ou graves, solicita-se a realização de inspeção especial para avaliação de risco da estrutura e posterior intervenção imediata.

O procedimento normativo prevê a atribuição de uma nota de avaliação, variando de 1 a 5, sendo 1 para a pior categoria de avaliação e 5 para estruturas sem problemas. A nota de avaliação é atribuída seguindo os critérios e parâmetros apresentados no Quadro 2, vide diretrizes estabelecidas pela norma DNIT 010/2004 – PRO. Os subsídios para atribuição das notas são obtidos através dos procedimentos adotados a partir de inspeção visual *in loco*, sem uso de equipamentos e suportes específicos. Os critérios para quantificação da nota baseiam-se na observação de danos e/ou insuficiências estruturais; e a gradação da nota é dada de acordo com a gravidade dos problemas quanto ao desempenho estrutural. Dessa forma, a nota de avaliação global da estrutura traduz, qualitativamente, a condição de solidez e integridade física das obras.

O Quadro 2 traz a correlação dessas notas com a categoria de problemas encontrados nos elementos estruturais.

Quadro 2. Critérios para atribuição da nota de avaliação das OAEs (Norma DNIT 010/2004 – PRO)

NOTA	DANOS NO ELEMENTO / INSUFICIÊNCIA ESTRUTURAL	AÇÃO CORRETIVA	CONDIÇÃO DE ESTABILIDADE	CLASSIFICAÇÃO DAS CONDIÇÕES DA PONTE
5	Não há danos, nem insuficiência estrutural	Nada a fazer	Boa	Obra sem problemas
4	Há alguns danos, mas não há sinais de que estejam gerando insuficiência estrutural	Nada a fazer, apenas serviço de manutenção	Boa	Obra sem problemas importantes
3	Há alguns danos gerando insuficiência estrutural, mas não há sinais de comprometimento da estabilidade da obra	A recuperação da obra pode ser postergada, devendo-se, porém, neste caso, colocar-se o problema em observação sistemática	Boa aparentemente	Obra potencialmente problemática
				Recomenda-se acompanhar a evolução dos problemas através das inspeções rotineiras, para detectar, em tempo hábil, eventual agravamento da insuficiência estrutural
2	Há danos gerando significativa insuficiência estrutural da ponte, porém não há ainda, aparentemente, risco tangível de colapso estrutura	A recuperação (geralmente com reforço estrutural) da obra deve ser feita no curto prazo	Sofrível	Obra problemática
				Postergar demais a recuperação da obra pode levá-la a um estado crítico, implicando também sério comprometimento da vida útil da estrutura. Inspeções intermediárias são recomendáveis para monitorar os problemas
1	Há danos gerando grave insuficiência estrutural da ponte; o elemento em questão encontra-se em estado crítico, havendo um risco tangível de colapso estrutural	A recuperação com reforço estrutural ou, em alguns casos, com substituição da obra, deve ser realizada imediatamente	Precária	Obra crítica
				Em alguns casos, pode configurar uma situação de emergência, podendo a recuperação da obra ser acompanhada de medidas preventivas especiais, tais como: restrição de carga na ponte, interdição total ou parcial ao tráfego, escoramentos provisórios, instrumentação com leituras contínuas de deslocamentos e deformações, etc.

3 MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS EM PONTES E VIADUTOS

O surgimento de manifestações patológicas em OAEs é observado também em outros países. A origem dos problemas patológicos das estruturas é classicamente atribuída aos seguintes aspectos: (a) concepção de projeto; (b) método construtivo; (c) qualidade da construção; (d) agressividade do meio; (e) uso da estrutura; e (f) deficiência na manutenção corretiva e preventiva. Essas degradações se manifestam comumente pela associação de mais de um dos fatores listados acima. A identificação desses problemas patológicos e a intervenção no tempo correto acarretará em aumento na durabilidade e no prolongamento da vida útil das estruturas. Segundo [2], ao se

realizar manutenções adequadas e periódicas, admite-se garantir maior vida útil e satisfatórios desempenhos estrutural e funcional. Sendo, portanto, imprescindível identificar através de vistorias periódicas as avarias existentes, diagnosticando suas causas e indicando as ações de recuperação.

Segundo [5], não são raros acidentes ocorridos com as OAEs, especialmente devidos a erros de projeto, de construção e de uso, bem como pela inexistência de manutenção preventiva e corretiva. Quando uma estrutura colapsa total ou parcialmente, graves prejuízos pessoais e materiais são causados. Exemplos recentes de desabamentos de pontes e viadutos no Brasil têm chamado atenção da sociedade e despertando a preocupação do meio técnico. Três acidentes ocorridos nos últimos anos no Brasil – o desabamento (a) das alças do viaduto da Av. Pedro I em Belo Horizonte, (b) de parte do viaduto no Eixo Rodoviário Sul de Brasília e (c) de um viaduto da Marginal Pinheiros em São Paulo – ganharam notoriedade na imprensa devido à gravidade, à importância das obras colapsadas e os prejuízos ocorridos (inclusive com duas mortes no acidente ocorrido em Belo Horizonte). Em fevereiro de 2019, um outro viaduto importante situado na Marginal Tietê em São Paulo foi interditado devido à iminência de colapso estrutural. Em ambos os casos, os relatórios técnicos apontaram a falta de manutenção para tratar e prevenir patologias como causa dos acidentes.

As principais manifestações patológicas em pontes e viadutos de concreto estão associadas à deterioração do próprio concreto e suas armaduras, destacando-se pela literatura os seguintes defeitos: fissuras, trincas, armadura exposta, desagregação, infiltração e cobrimento deficitário, aspecto geral do concreto (eflorescências, lixiviação, porosidade, dentre outros). Defeitos estruturais importantes também comprometem decisivamente o comportamento estrutural das OAEs, entre os quais salientam-se: problema nos aparelhos de apoio, deformação das vigas, desaprumo e deslocamentos de pilares.

Há ainda os defeitos patológicos associados exclusivamente à infraestrutura das OAEs, sendo a erosão do terreno da fundação, erosão dos acessos e recalques e deslocamentos das fundações os mais significativos. No Brasil, são frequentes problemas sobre a plataforma das OAEs, como presença de irregularidades no pavimento e desníveis na junção entre o aterro do encontro e a estrutura. Observa-se também grande número de estruturas com problemas de geometria, principalmente em relação à redução da seção transversal em relação à pista de rolamento adjacente e erros de concordância. A Norma DNIT 010/2004 – PRO cataloga as anomalias segundo a subdivisão apresentada no Quadro 3.

Quadro 3. Catálogo de manifestações patológicas - procedimento de inspeção rotineira (DNIT 010/2004-PRO)

ELEMENTOS CONSTITUINTES DAS OAES	MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS
Laje	Buraco (abertura) / Armadura exposta / Concreto desagregado / Fissuras / Marcas de infiltração / Aspectos de concreto / Cobrimento
Vigamento Principal	Fissuras / Trincas / Armadura exposta / Concreto desagregado / Dente Gerber / Deformação (flecha) / Aspecto do concreto / Cobrimento
Mesoestrutura	Armadura exposta / Concreto desagregado / Fissuras / Desgastes ou ausência de Aparelho de apoio / Aspecto do concreto / Cobrimento / Desaprumo / Deslocamento dos pilares
Infraestrutura	Recalque de fundação / Deslocamento de Fundação / Erosão do terreno de fundação / Estacas desenterradas
Pista/Acesso	Irregularidade no pavimento / Juntas de dilatação (ausência ou defeitos) / Acessos x Pontes (degraus, concordância) / Risco de acidentes com veículos

4 RESULTADOS OBTIDOS – DIAGNÓSTICOS DAS OAES

A análise dos dados extraídos através das inspeções rotineiras nas 277 OAEs, sendo 189 pontes, 73 pontilhões e 15 viadutos, visou identificar o comportamento da evolução da nota de avaliação global das estruturas ao longo

do tempo e a atualização cadastral das manifestações patológicas existentes. Os resultados obtidos serão apresentados na sequência.

4.1 Comportamento Temporal da Nota de Avaliação

Como explanado na metodologia, as notas de avaliação, variando-se numa escala de 1 a 5, foram atribuídas conforme critério estabelecido na norma DNIT 010/2004 – PRO. A Figura 2 apresenta a distribuição das OAEs por tipo de estrutura e notas de avaliação. A pesquisa revelou que aproximadamente 47% das OAEs nota de avaliação igual a 3, sendo essa a média global para as 277 obras analisadas. Esse cenário traduz o estado de atenção para as condições de estabilidade das pontes e viadutos de Pernambuco. Inferiu-se ainda que 18,4% das OAEs apresentaram notas de avaliação 1 (1,8%) e 2 (16,6%), retratando uma situação bastante crítica que requereu tratamento prioritário na política de intervenções de manutenção e recuperação de OAEs do DNIT.

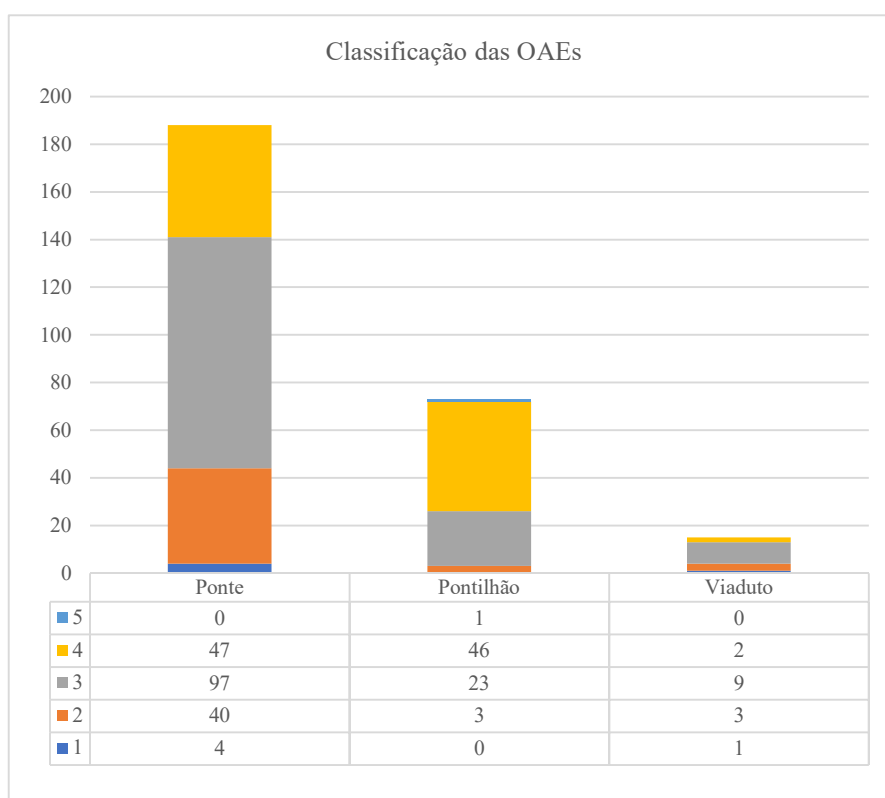


Fig. 2. Classificação das OAEs por tipo de estrutura e notas de avaliação

Esse trabalho comparou os dados oficiais de 2014 com os encontrados nas inspeções de 2017. Verificou-se que 32,2% das OAEs tiveram redução da nota de avaliação global e 57% das OAEs mantiveram a nota anterior. As demais OAEs aumentaram sua nota de avaliação devido à realização de intervenção de manutenção ou recuperação. É importante frisar que os técnicos que realizaram as vistorias nesse trabalho não tiveram acesso aos dados anteriores. Observando o comportamento evolutivo das manifestações problemáticas, conclui-se com clareza que a falta de manutenção e correção das anomalias existentes contribuem decisivamente para a progressão dos defeitos e a redução da vida útil das estruturas.

Subtrai-se ainda da análise da evolução da nota de avaliação entre os dois conjuntos de dados que, ao longo do tempo, aumenta-se a quantidade de OAEs enquadradas nas notas de categorias mais baixas: nota 1 para condição de estabilidade precária; nota 2 para condição de estabilidade sofrível e nota 3 para condição de estabilidade aparentemente boa, mas que necessita de observação de alerta sistemática. Por outro lado, para OAEs de condições de estabilidade boa, notas de avaliação 4 e 5, observa-se a diminuição do número de estruturas inseridas nessas categorias com o passar do tempo. Esse cenário é apresentado pela Figura 3 abaixo que demonstra o comportamento da nota de avaliação no decorrer do tempo quando investimentos em manutenção são deficitários.

É importante ressaltar que a condição esperada e satisfatória é que as estruturas estejam operando com segurança, portanto enquadradas nas categorias de notas 4 e 5, situação contrária à observada nesse trabalho.

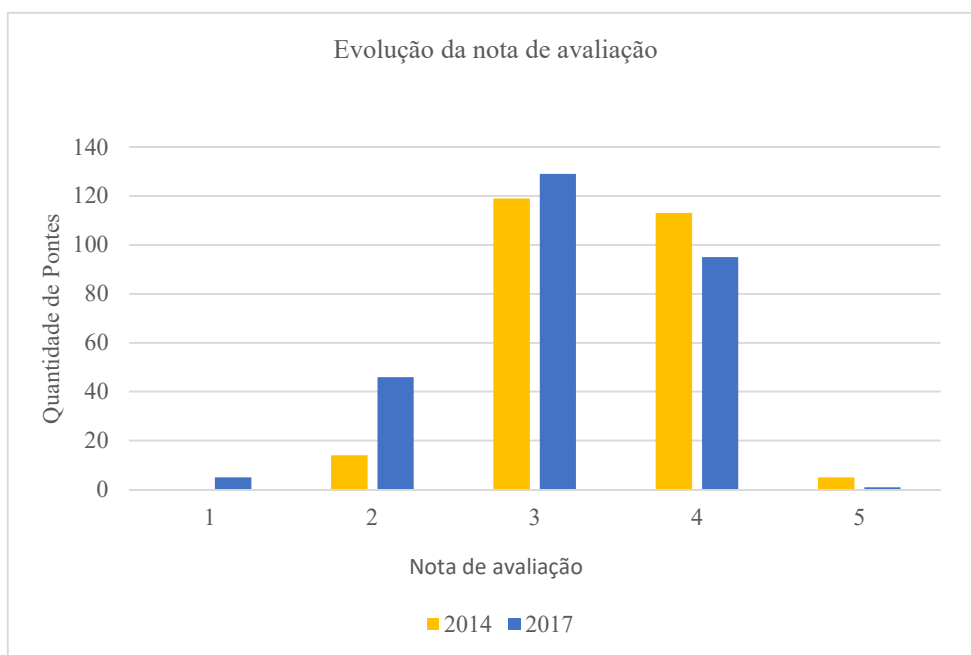


Fig. 3. Evolução da nota de avaliação

Combinando-se os resultados das notas de avaliação com o comportamento das mesmas ao longo do tempo quando se tem um horizonte preponderante de ausência de monitoramento sistemático e intervenções de manutenção e recuperação tempestiva, depara-se com um quadro extremamente preocupante, pois fica evidente a iminência de se entrar num cenário global onde a maioria das OAEs estará em estágio crítico quanto à condição de estabilidade caso nenhuma ação efetiva e sistemática for tomada a curto e médio prazo.

4.2 Principais Manifestações Patológicas Encontradas

As anomalias encontradas serão aqui apresentadas conforme categorização preconizada na norma DNIT 010/2004 – PRO, ou seja, separadas pelos elementos constituintes das OAEs: superestruturas (subdividida em lajes e vigamento principal), mesoestrutura, infraestrutura e pista/ acesso.

Foram diagnosticadas um total de 1737 manifestações patológicas nas 277 OAEs inspecionadas, perfazendo uma média superior a 6 anomalias por obra. Desse montante, 56% das manifestações patológicas foram observadas nas superestruturas. As razões para isso se devem ao fato de que a superestrutura comporta a maior área de concreto, além de ser a componente estrutural que recebe diretamente as ações do carregamento. Com apenas 4,6% das ocorrências patológicas a infraestrutura se mostrou como o componente das OAEs menos problemático. É importante salientar que a norma DNIT 010/2004 – PRO não prevê a inspeção subaquática, sendo as anomalias encontradas na infraestrutura referentes apenas aos defeitos visíveis na superfície no terreno.

O detalhamento da distribuição das manifestações patológicas nos elementos das pontes e dos viadutos estão presentes na Figura 4 a seguir.

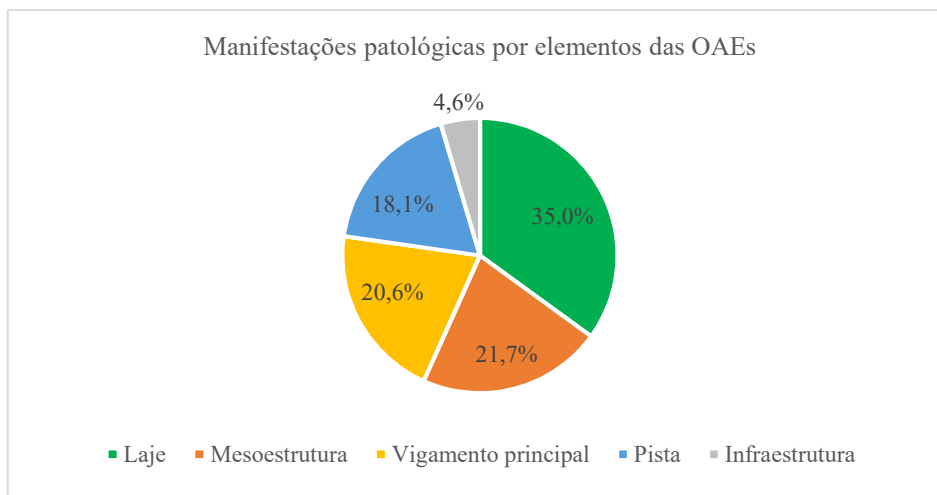


Fig. 4. Manifestações patológicas por elemento constituinte de uma OAE

As principais manifestações patológicas encontradas corroboram com as citações literárias sobre o tema. A maior incidência patológica observada é de armadura exposta nas lajes, vigas e pilares, correspondendo, isoladamente, a 18% dos problemas. As demais anomalias com significância representativa foram as seguintes: (a) desagregação do concreto, (b) fissuras, (c) infiltração, (d) aspecto do concreto, (e) cobrimento e (f) junta de dilatação. O conjunto desses defeitos correspondem a 81% das manifestações patológicas catalogadas.

A Figura 5 apresenta as principais ocorrências patológicas encontradas nas inspeções rotineiras. Nesta figura, enquadram-se na categoria *outros* os seguintes defeitos: (a) buracos em lajes, (b) problemas no dente da viga Gerber, (c) trincas, (d) desaprumo ou deslocamento de pilares, (e) problemas na infraestrutura, (f) irregularidades no pavimento e nos acessos e (g) risco de acidentes.

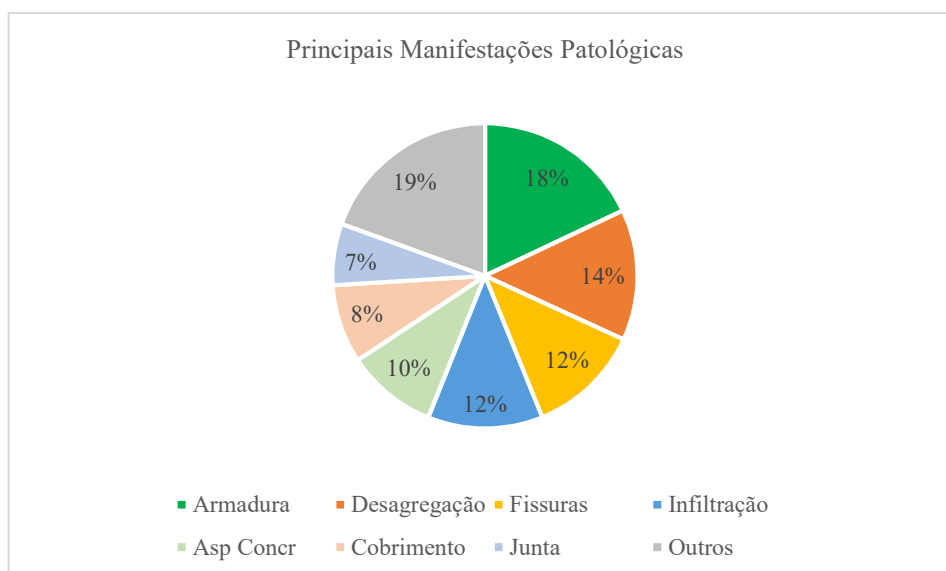


Fig. 5. Principais Manifestações Patológicas encontradas nas OAEs

Analisando isoladamente cada grupo de elementos constituintes das OAEs, observa-se que problemas nas armaduras e no concreto são preponderantes na superestrutura e na mesoestrutura. Também se constata grande incidência de fissuras e infiltração nesses elementos. Esses quatro fatores (concreto, armadura, fissura e infiltração) têm seus mecanismos de progressão patológica associados, trabalhando conjuntamente e de maneira sistemática para a deterioração e diminuição da durabilidade das estruturas de concreto.

Para a mesoestrutura, além das manifestações patológicas acima mencionadas, destacam-se ainda problemas nos aparelhos de apoio. Foi constatado que 21,3% das 277 pontes e viadutos apresentam algum tipo de defeito no aparelho de apoio ou até mesmo sua total inexistência. Esse cenário é preocupante, uma vez que os aparelhos de apoio permitem a correta transmissão de carga entre a superestrutura e a mesoestrutura ou infraestrutura, além de permitir os deslocamentos horizontais e rotações da superestrutura. Por outras palavras, a deficiência nesse tipo de equipamento compromete o desempenho estrutural das obras.

Quanto à infraestrutura, chama a atenção a quantidade de OAEs que apresentam problemas de erosão do terreno de fundação, um montante de 27,1% das obras. Segundo [6], a erosão representa uma das maiores causas de problemas nas fundações e aterros de pontes, constatação comprovada nesse trabalho. Ainda segundo o autor, esse fenômeno é considerado responsável por significativa quantidade de colapsos estruturais nessa tipologia construtiva em diversos países.

Por fim, são significativos ainda os problemas encontrados na pista/acesso das pontes e viadutos, destacando-se os defeitos observados nas juntas de dilatação, onde mais de 60% das estruturas apresentam algum tipo de manifestações patológicas nesse elemento. Deficiências nas juntas de dilatação das OAEs estão associadas diretamente a problemas de infiltração, de trabalhabilidade estrutural, de segurança de tráfego e de conforto quanto ao rolamento. Outro problema comumente observado é a inadequação da geometria das seções transversais, com estreitamento das OAEs em relação à largura da plataforma das pistas adjacentes. O Quadro 4 abaixo traz a ocorrência dos defeitos levantados nas 277 OAEs catalogadas por elementos constituintes.

Quadro 4. Incidência de patologias por elemento constituinte das OAES

Laje								
Buraco	Armadura	Desagregação		Fissuras	Infiltração	Aspecto Concreto		Cobrimento
7,2%	57,0%	37,2%		16,6%	49,8%	18,4%		33,2%
Vigamento Principal								
Armadura	Desagregação	Gerber	Fissuras	Trincas	Infiltração	Deformação	Asp. Concr	Cobrimento
35,0%	23,5%	0,7%	14,8%	8,3%	2,5%	1,1%	13,0%	30,0%
Mesoestrutura								
Armadura	Desagregação	Fissuras	Aparelho de Apoio	Aspecto Concreto		Cobrimento	Desaprumo	Desl. Pilar
20,6%	26,4%	44,0%	21,3%	9,4%		13,4%	1,1%	0,0%
Infraestrutura								
Recalque		Deslocamento Fundação		Erosão		Estaca Desenterrada		
0,7%		0,4%		27,1%		0,7%		
Pista								
Irregularidade Pavimento		Junta de dilatação		Acesso		Acidentes		
14,1%		60,3%		26,0%		13,4%		

Ao se analisar as manifestações patológicas por rodovias, observa-se que as rodovias BR-232/PE e BR-101/PE apresentam médias de defeitos por OAE superiores à média global de 6 anomalias por obra, sendo 11 defeitos para a BR-232/PE e para BR-101/PE por OAE. Essa constatação é explicada pela idade mais avançada das duas rodovias e por elas absorverem maiores volumes médios de tráfego e carga provenientes dos veículos de grande porte que por ali trafegam. Por exemplo, o volume médio diário da rodovia BR-101/PE para o segmento estudado chega a ser superior a 65.000 mil, representando até 5 vezes mais tráfego que a maioria das demais rodovias contempladas nesse trabalho. Acrescenta-se também a agressividade do meio especialmente para a BR-101/PE, rodovia próxima ao litoral, como fator influente para o surgimento de manifestações patológicas. A distribuição das deficiências encontradas em cada rodovia está sendo mostrado no Quadro 5 a seguir.

Outro dado importante produzido pela pesquisa é o diagnóstico de que mais de 92% das OAEs estudadas apresentam largura de plataforma inferior a mínima estabelecida pela [4], por questão de segurança viária é necessária intervenção para adequação geométrica dessas estruturas. Assim como, o reforço estrutural da maioria das OAEs para enquadramento aos trem-tipos hoje normatizados.

Quadro 5. Distribuição das manifestações patológicas por rodovias

Rodovias em Pernambuco	BR-101	BR-408	BR-104	BR-110	BR-232	BR-423	BR-424	BR-116	BR-316	BR-407	BR-428
Manifestação patológica	152	70	45	77	118	104	194	34	418	171	354
Média/OAE	10	7	4	4	11	6	8	6	6	6	7

5 CONCLUSÃO

A significativa ocorrência de acidentes estruturais, alguns de natureza grave, com as OAEs brasileiras é um fato concreto que pode ser constatado pela simples observação dos noticiários. Devido à idade avançada da maioria das OAEs brasileiras e à carência de intervenções sistemáticas de conservação e manutenção, observa-se que estamos diante de um cenário de colapso generalizado de centenas de estruturas com relativa proximidade.

Os estudos mostraram que a ausência de monitoramento, conservação e manutenção periódica reflete diretamente na piora progressiva da avaliação global das estruturas ao longo do tempo. Os resultados dos levantamentos de campo, quando comparados com levantamentos oficiais anteriores, evidenciaram a deterioração progressiva das estruturas ao longo do tempo. Os dados obtidos permitiram ao DNIT priorizar ações para recuperação das estruturas com risco grande de colapso, além de fornecer subsídios para implementação de políticas estratégicas de recuperação estrutural, adequação às normas vigentes, inclusive quanto à segurança viária e enquadramento de trem-tipo.

A nota global média de 3 das OAEs de Pernambuco reforça o alerta para a necessidade de ações imediatas de curto e médio prazo para sanar as manifestações patológicas existentes. A não intervenção causará prejuízo generalizado à operacionalidade da malha viária e danos severos à sociedade, com risco de perdas materiais e humanas significativas. Os resultados encontrados corroboram com as referências bibliográficas sobre o tema, destacando-se os problemas quanto à exposição de armaduras, defeitos diversos no concreto, problemas com infiltração, fissuras, erosões e problemas nos aparelhos de apoio e juntas de dilatação.

É importante salientar ainda que as informações constantes nesse estudo, mesmo abrangendo somente a malha rodoviária federal de Pernambuco, refletem a situação atual das OAEs das rodovias brasileiras.

6 AGRADECIMENTOS

Ao Departamento Nacional em Infraestrutura de Transportes – DNIT pelo fornecimento dos dados do trabalho.

7 REFERÊNCIAS

1. J. Timerman, *Inspeção de pontes: o estágio atual da normalização*. São Paulo. 24 mar. 2015. 50 slides. Apresentação em PowerPoint. Disponível em: < <https://docplayer.com.br/73599946-Inspecao-de-pontes-em-concreto-armado-e-protendido-o-estagio-atual-da-normalizacao.html>. Acesso em 23 janeiro 2019.
2. J. Vitório. Artigo em atas de congresso, *Vitorias, Conservação e Gestão de Pontes e Viadutos de Concreto*. Anais do 48º Congresso Brasileiro do Concreto, 2006
3. IPR, NORMA DNIT 010/2004 – PRO: *Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento*. Instituto de Pesquisas Rodoviárias, 18p., Rio de Janeiro, 2004.
4. IPR, MANUAL DNIT 698/2015: *Manual de Projetos de Obras de Arte Especiais*. 1 ed. Rio de Janeiro, 2015.
5. C. Silva, Dissertação de mestrado, *Uma amostra das condições estruturais e funcionais de pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco*, UPE - Escola Politécnica, Recife/PE, 2016.
6. J. Vitório, Apostila do curso de *Especialização em inspeção, manutenção e recuperação de estruturas. Fundamentos da erosão nas fundações de pontes e nos aterros de acesso*. Universidade de Pernambuco. Escola Politécnica de Pernambuco. 2015.