

Condiciones estructurales y funcionales de puentes y viaductos de las vías federales de Pernambuco

C. J. G. Silva*¹, E. Monteiro², J. P. A. Vitório¹

*Autor de Contacto: claytonjgsilva@gmail.com

DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i1.199>

Recibido: 15/06/2017 | Aceptado: 09/11/2017 | Publicado: 31/01/2018

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo analizar las condiciones estructurales y funcionales de 332 puentes y viaductos de las autopistas Federales de Pernambuco, adoptando como metodología la base de datos del Departamento Nacional de Infraestructura del Transporte (DNIT) y las inspecciones estructurales que constituyen la muestra estudiada. La información obtenida se analizó según los criterios de la norma DNIT 010/2004 - PRO y la norma ABNT NBR 9452/2016. Siendo la primera investigación en Brasil con tal cantidad de estructuras usando dos sistemas normativos. Aunque con las limitaciones de este tipo de estudio, las conclusiones muestran que significa una contribución al mejoramiento de los puentes de carreteras brasileños que, en general, sufren los mismos problemas que existen en los puentes analizados.

Palabras clave: manifestaciones patológicas; estructuras; inspección; puentes y viaductos.

Citar como: C. J. G. Silva, E. Monteiro, J. P. A. Vitório (2018), “*Condiciones estructurales y funcionales de puentes y viaductos de las vías federales de Pernambuco*”, Revista ALCONPAT, 8 (1), pp. 79 – 93, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i1.199>

¹ Universidade de Pernambuco - UPE, Recife, Brasil.

² UNICAP - Universidade Católica de Pernambuco, Universidade de Pernambuco - UPE, Recife, Brasil.

Información Legal

Revista ALCONPAT es una publicación cuatrimestral de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción, Internacional, A. C., Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310, Tel.5219997385893, alconpat.int@gmail.com, Página Web: www.alconpat.org

Editor responsable: Dr. Pedro Castro Borges. Reserva de derechos al uso exclusivo No.04-2013-011717330300-203, eISSN 2007-6835, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de Informática ALCONPAT, Ing. Elizabeth Sabido Maldonado, Km. 6, antigua carretera a Progreso, Mérida, Yucatán, C.P. 97310.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor.

Queda totalmente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización de la ALCONPAT Internacional A.C.

Cualquier discusión, incluyendo la réplica de los autores, se publicará en el tercer número del año 2018 siempre y cuando la información se reciba antes del cierre del segundo número del año 2018.

Structural and functional conditions of bridges and viaducts of the federal highways of Pernambuco

ABSTRACT

This paper aims to discuss the structural and functional conditions of 332 bridges and viaducts of the Federal Highways of Pernambuco, adopting as methodology the database of the National Department of Infrastructure of Transportation (DNIT) and structural inspections that constitute the sample studied. The information obtained were analyzed according to criteria of the standard DNIT 010/2004 – PRO and standard ABNT NBR 9452/2016. It is the first survey in Brazil with such quantify of structures using two normative systems. Although with the limitations this type of study, the conclusions show that it means a contribution to improvement of the Brazilian's highways bridges that, in general, suffer from the same problems that exist in the analyzed bridges.

Keywords: pathological manifestations; structures; inspection; bridges and viaducts.

Adaptação de mapa de danos para edifícios históricos com problemas patológicos: Estudo de Caso da Igreja do Carmo em Olinda PE

RESUMO

Este artigo tem como objetivo discutir as condições estruturais e funcionais de 332 pontes e viadutos das rodovias federais de Pernambuco, adotando-se como metodologia a consulta ao banco de dados do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e inspeções nas obras que constituem a amostra estudada. As informações obtidas foram analisadas conforme os critérios da norma DNIT 010/2004 – PRO e da norma ABNT NBR 9452/2016. Trata-se da primeira pesquisa no Brasil com tal quantidade de obras utilizando dois sistemas normativos. Mesmo com as limitações inerentes a esse tipo de estudo, as conclusões mostram que ele significa uma contribuição para a melhoria das pontes rodoviárias brasileiras que, de modo geral, padecem dos mesmos problemas existentes nas pontes analisadas.

Palabras clave: manifestações patológicas; estruturas; inspeção; pontes e viadutos.

1. INTRODUCCIÓN

En la década de 1970, Brasil pasó el llamado milagro económico (Cunha, 2011) que promovió la aceleración de la implementación de grandes empresas multinacionales, siendo un ejemplo concreto la industria automovilística, y el financiamiento de obras públicas por instituciones internacionales, como fué el caso de la ampliación de la red vial brasileña, incluyendo una gran cantidad de puentes y viaductos. Ello resultó en un significativo aumento del flujo de vehículos y el transporte de cargas.

Por tanto, la falta de políticas y estrategias dirigidas hacia el mantenimiento de obras públicas a lo largo de las últimas décadas generó un proceso de desgaste y deterioro de las vías, afectando directamente las Obras de Arte Especiales que, de manera general, presentan diversas manifestaciones patológicas y daños estructurales. Algunos factores agravantes también contribuyeron para la situación actual, como es el caso de las normas brasileñas más antiguas que usaban la época en que las obras fueron proyectadas y construídas, que no tenían previsto las cargas ni la intensidad de tráfico actualmente existentes en las vías y los centros urbanos del País; tampoco consideraban la agresividad ambiental de los lugares donde los puentes fueron construídos, siendo ese tema abordado por varios estudiosos que realizaron pesquisas a ese respecto como, (Vitório; Barros; 2013) y (Milani; Kripka; Pravia; 2011).

La carencia de estrategias públicas dirigidas al mantenimiento también generó una gran laguna e lo que se refiere às informaciones sobre el estado real de las obras de Infraestructura en Brasil, y de las Obras de Arte Especiales haciendo, por lo tanto, imprescindible la realización de inspecciones que permitan la obtención de los datos más importantes sobre las condiciones de seguridad y funcionalidad de esas obras.

Fuó en ese contexto que este trabajo analizó las condiciones estructurales, funcionales y de durabilidad de puentes y viaductos de las principales vías federales del Estado de Pernambuco para que, con los resultados obtenidos de esa muestra, delinear, aun que preliminarmente, el panorama actual de las OAE's que componen las vías federales brasileñas.

2. DESARROLLO DEL ESTUDIO

2.1 Metodología utilizada

Las principales informaciones contenidas en el presente estudio fueron obtenidas del banco de datos del Sistema de Gerenciamiento de Obras de Arte Especiales (SGO) del DNIT, y de minuciosos análisis en diversos puentes y viaductos localizados en las vías federales que cruzan el Estado de Pernambuco, cuyas denominaciones constan en el Cuadro 1.

También fuó realizada una pesquisa para identificar los períodos de construcción y la carga de proyecto de cada obra. El hecho de no tener la mayoría de los proyectos originales hizo que gran parte de las informaciones fuesen obtenidas a partir de la comparación y la evolución de la plantilla transversal de los puentes en vías federales a lo largo de los períodos de tiempo con las cargas vivas que eran utilizadas en los puentes construídos en sus respectivos períodos, según muestra a Figura 1.

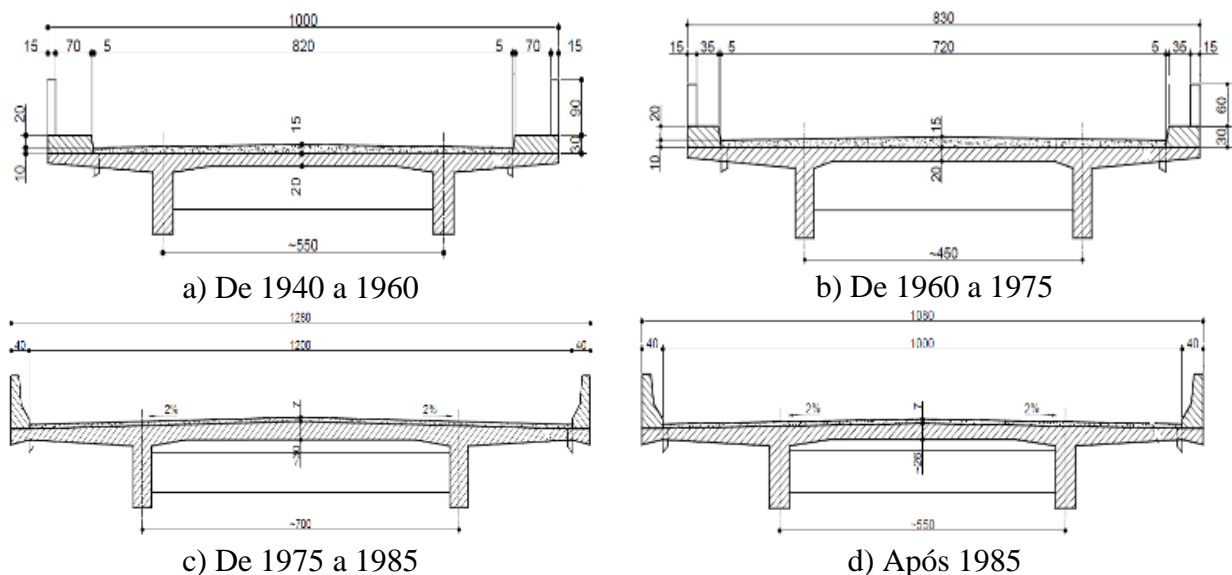


Figura 1. Evolución de la plantilla transversal de los puentes viales federales (Medidas en cm)

Para los análisis de las condiciones estructurales y funcionales fueron utilizadas las Normas DNIT 010/2004 – PRO, que especifica la condición de estabilidad de la estructura por medio de la atribución de una nota técnica que varía de 1(obra crítica) a 5(obra sin problemas), y la nueva versión de la NBR 9452 (ABNT, 2016) que introdujo parámetros estructurales, funcionales y de durabilidad como elementos vectores para la clasificación de las estructuras de los puentes. Los procedimientos previstos en esas dos normas son usualmente adoptados en Brasil para identificar y diagnosticar las principales anomalías existentes en las estructuras de los puentes, inclusive las manifestaciones patológicas y los daños de mayor incidencia.

Finalmente, fué hecha la interpretación y evaluación de los resultados obtenidos de la pesquisa, de manera de concluir sobre las condiciones estructurales y funcionales de las OAE's estudiadas y proponer soluciones para la corrección de los problemas existentes a partir de una visión mas incluyente que pueda ser aplicada no solo apenas en los puentes y viaductos del Estado de Pernambuco, sino también, en las demás obras que componen el sistema vial brasileño como un todo.

2.2 Puentes analizados por período de construcción, carga tipo y sistema constructivo

El Cuadro 1 muestra la jurisdicción vial federal del Estado de Pernambuco totalizando 546 puentes y viaductos, alademás de aquellas que fueron inspeccionadas en este trabajo, que corresponden a 332 estructuras. Esa muestra representa aproximadamente 60% del conjunto de los puentes existentes en la malla vial del Estado.

Cuadro 1. Cantidad total y OAE's inspeccionadas por vía

Vía	OAE's inspeccionadas	Total de OAE's por vía
BR-101	115	117
BR-104	35	57
BR-110	24	33
BR-116	7	7
BR-232	64	80
BR-316	5	83
BR-407	30	31
BR-408	17	54
BR-423	30	30
BR-428	5	54
Total	332	546

El estudio también contempló la clasificación de las Obras de Arte Especiales por período de construcción (Cuadro 2) y por la carga de proyecto, siendo este definido como el conjunto de carga viva a ser aplicado a la estructura en una posición que produzca los esfuerzos más desfavorables para cada sección de cálculo y combinación de cargas. Aclarado esto 1 as informaciones fueron adquiridas del SGO/DNIT y por el análisis de la evolución de la plantilla transversal del tablero, asociado a cambios ocurridos en lss normas brasileñas que especifican los valores de las cargas vivas a lo largo del tiempo para aquellas obras cuyos datos referentes a la época de construcción no estaban disponibles. Las Obras de Arte para las cuales no se pudo obtener la información fueron consideradas como no identificadas.

Cuadro 2. Clasificación de las Obras de Arte Especiales según el período de construcción

Período de Construcción	Total
1940 a 1960	27
1960 a 1975	113
1975 a 1985	54
1985 a 2000	10
A partir de 2000	83
No identificado	45
Total	332

En lo que se refiere a la carga de proyecto, la Figura 2 destaca que 50,60% de las obras fueron calificadas con carga de 360 kN. Las cargas móviles de 450 kN, actualmente utilizadas, representaron 28,31% y las de 240 kN significaron 7,83% del total de la muestra. Hubo además 13,25% de obras cuyas cargas de proyecto no fueron posibles de identificar.

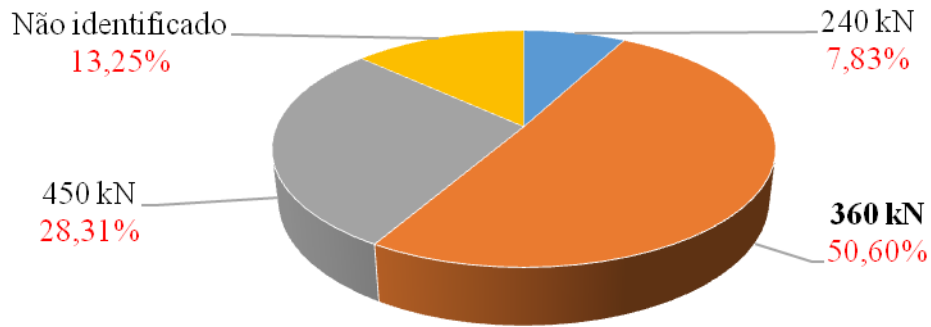


Figura 2. Cargas de proyecto de los puentes evaluados

En cuanto al sistema constructivo, se constató el predominio del concreto armado vaciado em sitio, utilizado en 76,20% de los puentes y viaductos. El segundo sistema encontrado fue el concreto pretensado prefabricado adoptado en 23,19% de las obras. El concreto armado prefabricado representó 0,60%. Esos datos están mostrados en la Figura 3.

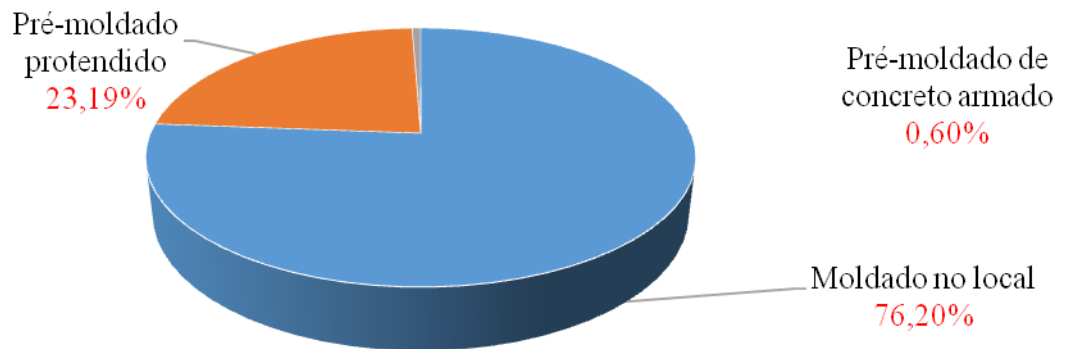


Figura 3. Sistemas constructivos de los puentes evaluados

2.3 Manifestaciones patológicas identificadas en el conjunto estudiado

En lo que se refiere a la identificación de manifestaciones patológicas, fueron realizadas observaciones en cada obra durante las inspecciones y analizados los informes de inspecciones del SGO. Los principales problemas patológicos identificados están ilustrados en las Figuras 4 a 7.



Figura 4. Presencia de eflorescencias, desprendimiento del recubrimiento de concreto y manchas marrón-rojizas consecuencia del proceso de corrosión de las armaduras.



Figura 5. Armaduras expuestas y oxidadas en los largueros, exhibiendo inclusive estribos rotos.



Figura 6. Erosión de la fundación y gran excentricidad del pilar con relación al pilote.



Figura 7. Accesorio de apoyo metálico en un diente Gerber con visibles daños y infiltraciones.

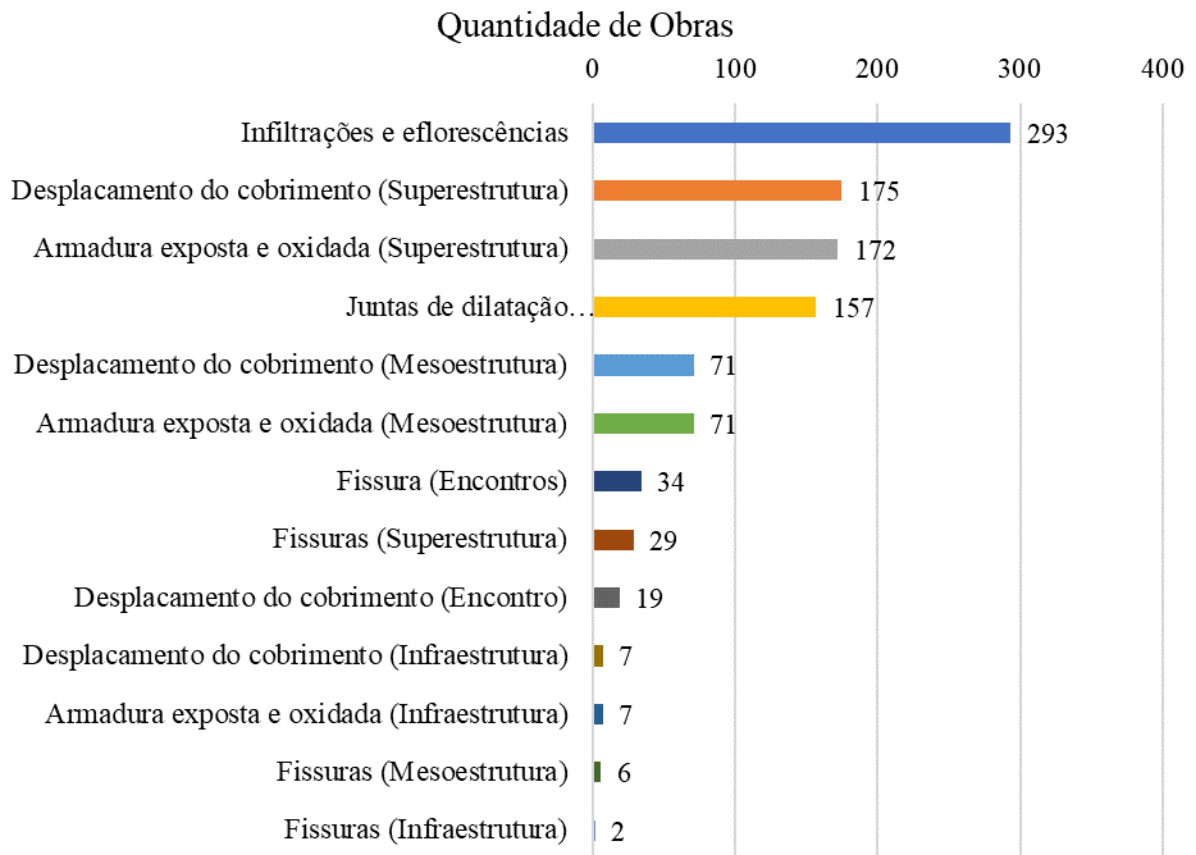


Figura 8. Incidencia de las manifestaciones patológicas en el conjunto de las obras analizadas.

La Figura 8 muestra una síntesis de las mayores incidencias de las manifestaciones patológicas del conjunto evaluado, con predominio de las infiltraciones y eflorescencias, presentes en 293 OAE's. Las siguientes anomalías también son: desprendimiento del concreto (en la superestructura) en 175 Obras, armaduras expuestas y oxidadas (de la superestructura), en 172 puentes y juntas de dilatación dañadas y/o inexistentes en 157 OAE's.

2.4 Daños estructurales identificados

De manera análoga las manifestaciones patológicas, están ilustradas en las Figuras 9 a 12 algunos de los principales daños observados en puentes y viaductos objetos de este estudio.



Figura 9. Ausencia de barandas lateral del puente



Figura 10. Drenaje dañado provocando infiltración y manchas de humedad en la losa entre largueros



Figura 11. Neoprene elastomérico con gran excentricidad y deformación



Figura 12. Presencia de Erosión en la fundación.

La Figura 13 cuantifica los principales daños existentes del conjunto analizado. Se verificó que 92 puentes presentaron drenajes dañados y/o inexistentes. Siguiendo con las barandas dañadas (50 OAE's), luego por los defectos de encuentro de la albañilería de piedras/concreto (46 OAE's), así como por la ausencia y/o deficiencia de aparatos de apoyo (25 OAE's) y por cangrejeras de vaciado (20 OAE's). Las demás fallas ocurrieron de manera menos significativa.

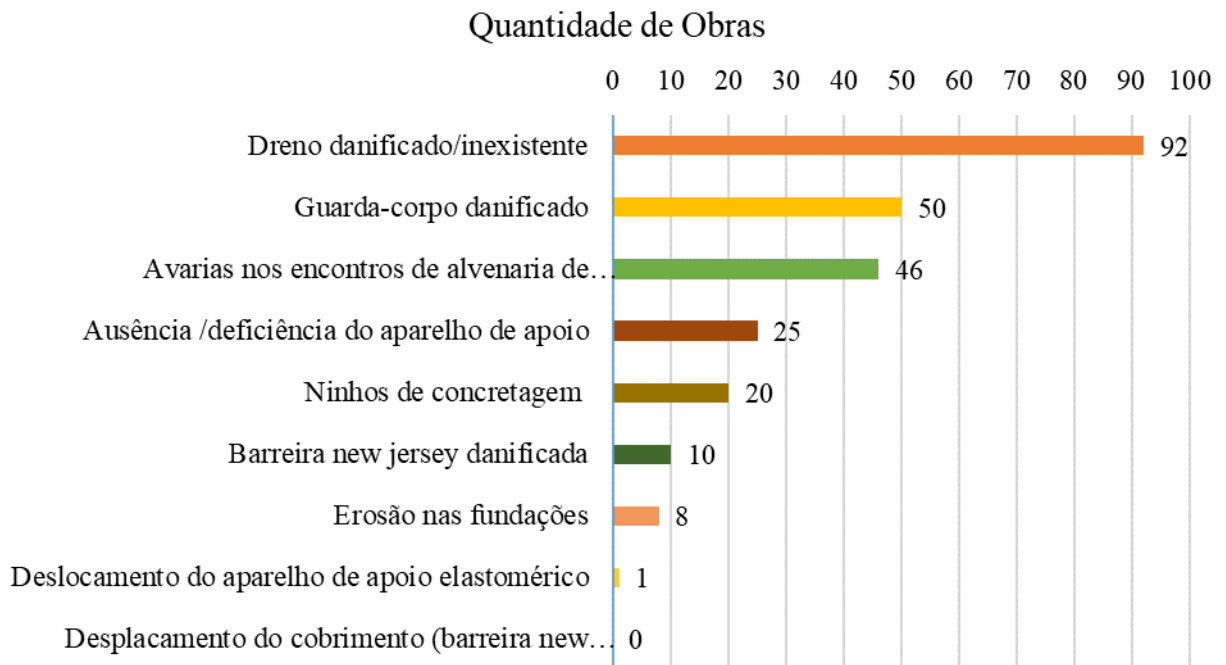


Figura 13. Principales daños estructurales del conjunto de obras estudiadas

3. Evaluación de las condiciones de estabilidad

3.1 Evaluación según Norma DNIT 010/2004 – PRO

Los criterios de evaluación de las condiciones de estabilidad estructural considerados por la norma 010/2004-PRO del DNIT están indicados en el Cuadro 3 que sigue.

Cuadro 3. Relación entre las calificaciones atribuidas y la categoría de los problemas estructurales observados en la inspección de los puentes y viaductos

NOTA	DAÑOS EN EL ELEMENTO / INSUFICIENCIA ESTRUCTURAL	ACCIÓN CORRECTIVA	CONDICIONES DE ESTABILIDAD	CLASIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL PUENTE
5	No hay daños ni insuficiencia estructural	Nada por hacer	Buena	Obra sin problemas
4	Hay algunos daños, mas no hay señales de que estén generando insuficiencia estructural	Nada a fazer; apenas serviços de mantenimiento	Buena	Obra sin problemas importantes
3	Hay algunos daños generando insuficiencia estructural, mas nao hay señales de comprometimento da estabilidad da obra	La recuperación de la obra puede ser postergada, debido a que, en este caso, se colocará el problema en observación sistemática	Buena aparentemente	<p>Obra potencialmente problemática</p> <p>Se recomienda acompañar la evolución de los problemas a través de las inspecciones rutinarias, para detectar, a tiempo hábil, un eventual agravamiento de la insuficiencia</p>
2	Hay daños generando significativa insuficiencia estructural del ponte, sin embargo, no hay aún, aparentemente, un riesgo tangible de colapso estructural	La recuperación (generalmente con refuerzo estructural) de la obra debe ser hecha a corto plazo	Afectada	<p>Obra problemática</p> <p>Postergar mucho la recuperación de la obra puede llevarla a un estado crítico, implicando también serio comprometimiento de la vida útil de la estructura. Inspecciones intermedias son recomendables para monitorear los problemas</p>

1	Hay daños generando grave insuficiencia estructural del puente; o elemento en cuestión se encuentra en estado crítico, habiendo un riesgo tangible de colapso estructural	La recuperación (generalmente con refuerzo estructural) – ó en algunos casos, sustitución de la obra - debe ser hecha prontamente	Precária	Obra crítica
				En algunos casos, puede configurar una situación de emergencia, pudiendo ser la recuperación de la obra acompañada de medidas preventivas especiales, tales como: restricción de carga en el puente, intervención total ó parcial del tráfico, apuntalamientos provisionales, instrumentación con lecturas continuas de desplazamientos y deformaciones, etc

La aplicación de tales criterios en la muestra estudiada está ilustrada en la Figura 14, que indica 156 OAE's clasificadas como potencialmente problemáticas (Nota 3), significando 46,99%. Es importante resaltar que 174 obras fueron evaluadas con calificaciones entre 1 y 3 (obras críticas a potencialmente problemáticas), lo que equivale a 52,41% de la muestra estudiada. Apenas 59 obras (17,77%) recibieron la nota 5.

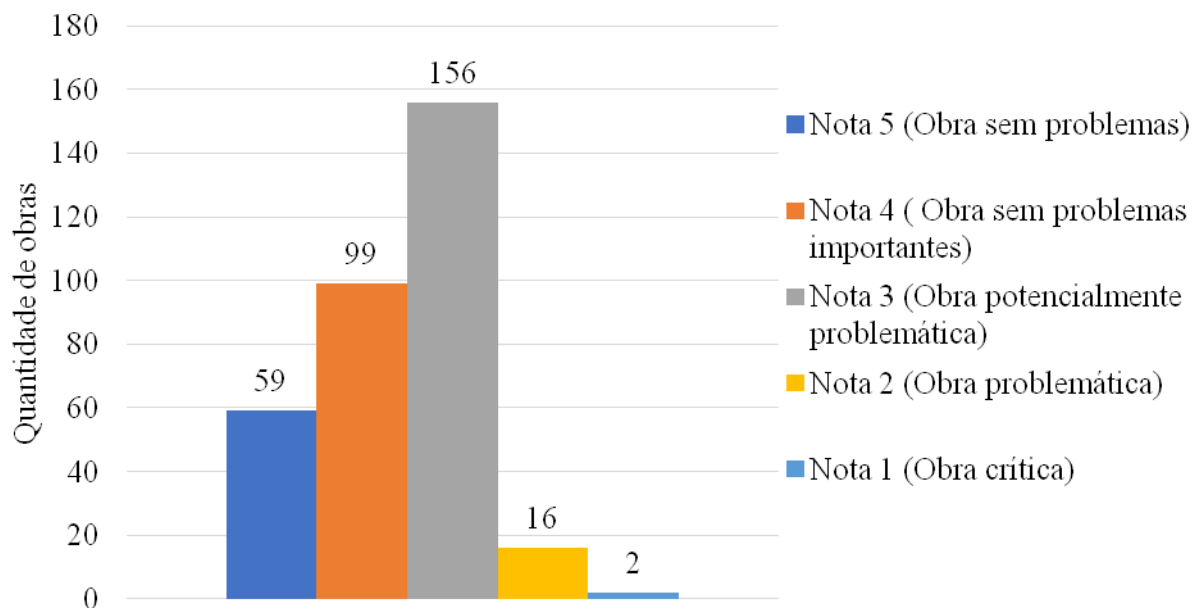


Figura 14. Condições de estabilidade según la norma DNIT 010/2004-PRO

El Cuadro 4 presenta una correlación entre el período de construcción y las condiciones de estabilidad. También muestra que 34% de las obras estudiadas fueron construídas en el período de 1960 y 1975, de modo que ya tiene mas de 40 años, mientras que 8% están casi con 70 años.

Cuadro 4. Período de construcción y condición de estabilidad por la norma do DNIT

Período de Construcción	Total (BR-101, BR-104, BR-110, BR-116, BR-232, BR-316, BR-407, BR-408, BR-423 e BR-428)				
	Nota (Condición de estabilidad)				
	Nota 5	Nota 4	Nota 3	Nota 2	Nota 1
1940 a 1960	0	7	14	5	1
1960 a 1975	5	34	67	7	0
1975 a 1985	2	20	28	4	0
1985 a 2000	1	5	3	0	1
A partir de 2000	45	21	17	0	0
No identificado	6	12	27	0	0
Total	59	99	156	16	2

3.2 Evaluación por la NBR 9452/2016

La evaluación estructural según a NBR 9452/2016 siguió los criterios mostrados en el Cuadro 5. En el Cuadro 6 es posible observar que, de acuerdo con tales criterios, predomina la nota 4 que fué atribuída a 116 puentes. La nota 5 fue obtenida por 107 OAE's, seguida de la nota 3 (87), de la nota 2 (20) y nota 1 (2). Por esos criterios, las mismas 113 obras construídas entre 1960 y 1975 tuvieron calificaciones diferentes de aquellas obtenidas por los criterios de la norma del DNIT.

Cuadro 5. Clasificación de la condición de OAE's según los parámetros estructurales, funcionales y de durabilidad

NOT A	CONDICIÓN	CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL	CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL	CARACTERIZACIÓN DE DURABILIDAD
5	Excelente	La estructura presentase en condiciones satisfactorias presentando defectos irrelevantes y aislados.	La OAE presenta seguridad y confort a los usuarios.	La OAE está en perfectas condiciones debiendo preverse mantenimiento de rutina.
4	Buena	La estructura presenta daños pequeños y en áreas, sin comprometer la seguridad estructural.	La OAE presenta pequeños daños que no llegan a causar desconfort ó inseguridad al usuario.	La OAE presenta pequeñas y pocas anomalías, que comprometen su vida útil, en la región de baja agresividad ambiental.
3	Regular	Hay daños que pueden generar alguna deficiencia estructural. Pero no hay señales de comprometimento de la estabilidad de la obra. Se recomienda acompañamiento de	La OAE presenta desconfort ao usuario, com defectos que requerem ações de médio prazo.	La OAE presenta pequeñas y pocas anomalías que comprometen a sua vida útil, em região de moderada la elevada agresividad ambiental ó la OAE presenta de

		los problemas. Intervenciones pueden ser necesarias a mediano plazo.		moderadas a muchas anomalías, que comprometen la vida útil, en la región de baja agresividad ambiental.
2	Mala	Hay daños que comprometen la seguridad estructural de la OAE, sem riesgo iminente. Sua evolución pode levar ao colapso estructural. A OAE'S necessita de intervenciones significativas a curto prazo.	La OAE con funcionalidad visiblemente comprometida con riesgos de seguridad al usuario, requiriendo intervenciones de corto prazo.	La OAE presenta moderadas a muchas manifestaciones patológicas, que comprometen su vida útil, en la región de alta agresividad ambiental.
1	Crítica	Hay daños que geram grave insuficiencia estructural na OAE. Hay elementos estructurales em estado crítico, com riesgo tangible de colapso estructural. A OAE necessita de intervenção imediata, podendo ser necesaria restricción de carga, intervención total ou parcial ao tráfico, escoramento provisório e associada instrumentación, ou nao.	La OAE no presenta condiciones funcionales de utilización.	La OAE se encuentra en elevado grado de deterioro, apuntando problema ya de riesgo estructural y/o funcional.

Cuadro 6. Período de construcción por condición estructural según la norma del NBR 9452

Período de Construcción	TOTAL GENERAL				
	Condición estructural				
	Nota 1	Nota 2	Nota 3	Nota 4	Nota 5
1940 a 1960	1	4	8	8	6
1960 a 1975	0	8	38	54	13
1975 a 1985	0	4	16	24	10
1985 a 2000	1	1	3	1	4
A partir de 2000	0	0	3	16	64
No identificado	0	3	19	13	10
Total	2	20	87	116	107

3.3 Consideraciones sobre el análisis hecho por la norma del DNIT y por la norma de la ABNT

Ambas normas utilizadas en este estudio tienen en común el hecho de atribuir una nota de clasificación (variable de 1 a 5) para las condiciones de estabilidad. La Norma DNIT 010/2004-PRO también incluye conceptos, tipos de inspecciones, a la exigencia necesaria para la calificación de los inspectores, además de la frecuencia mínima de las revisiones que de cierta forma, posibilitan definir algunos criterios de evaluación. Todavía, la reciente revisión de la NBR 9452 (ABNT, 2016), además de haber adoptado los conceptos y orientaciones constantes de la norma del DNIT, introdujo una mayor variabilidad que hasta entonces no existía, al incluir parámetros estructurales, funcionales y de durabilidad. Tales parámetros hicieron más realistas las inspecciones y los criterios de clasificación de los puentes y viaductos del Brasil.

Vale destacar que las dos literaturas permitieron el diagnóstico de las principales manifestaciones patológicas sin que ocurrieran diferencias significativas en lo que se refiere a la evaluación de los daños e de otras anomalías en los puentes de la muestra.

Por otro lado, cuando se trató del análisis de las condiciones de estabilidad, fué constatada una diferencia considerable en los resultados obtenidos por cada una de las dos normas, según puede verse en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Condición estructural (Norma DNIT 010/2004-PRO) Vs Condición estructural (NBR 9452/2016)

NOTA	NORMA DNIT 010/2004 – PRO		NORMA 9452 (ABNT, 2016)	
	OAE	%	OAE	%
5	59	17,77	107	32,23
4	99	29,82	116	34,94
3	156	46,99	87	26,21
2	16	4,82	20	6,02
1	2	0,6	2	0,6

Aún cuando se consideraron que las inspecciones fueron realizadas de forma visual, condición que depende esencialmente de la experiencia del inspector, las informaciones que constan en el Cuadro 7 permiten comprobar que, con relación a las notas 1 y 2, las cuales caracterizan las obras en peores condiciones, no hubo diferencias en los resultados obtenidos por ambas normas.

Por tanto, los resultados referentes a las demás notas atribuídas (caso de las notas 3, 4 y 5) muestran que el análisis por la NBR 9452 conduce a valores que representan significativa mejora de las condiciones estructurales, cuando se comparan a los obtenidos por la Norma del DNIT. Eso significa que diversos puentes y viaductos de este estudio pueden hasta tener condiciones precarias en los que refiere a las evaluaciones de durabilidad y funcionalidad, pero presentan condiciones estructurales satisfactorias. También significa que sus estructuras pueden ser utilizadas sin alcanzar el Estado Limite Último. La situación opuesta también fué verificada: puentes y viaductos clasificados sin problemas relacionados a los criterios de durabilidad y de funcionalidad (notas entre 4 y 5) tuvieron baja clasificación en cuanto a condición estructural.

En líneas generales es posible afirmar que la nueva versión de la norma de la ABNT al introducir una mayor variabilidad a los parámetros de evaluación, aplicados a una mayor cantidad de los elementos que componen un puente existente, garantiza una evaluación más consistente y más realista, indistintamente de la Norma del DNIT, que califica apenas cinco elementos, lo que hace

la evaluación mas conservadora. Esto queda evidente en el caso de una Obra de Arte Especial a pesar de tener menos daños, puede tener uno de los elementos evaluados con una nota baja y por eso tendrá la nota técnica final correspondiente a aquella de menor valor entre todas las demas recibidas en los otros elementos. Eso significa una evaluación final conservadora y que no represente la situación real del puente.

En ese sentido, la NBR 9452 (ABNT, 2016), aún considerando también la evaluación por medio de la menor, al introducir una mayor cantidad de parámetros para juzgar, se muestra menos conservadora, ya que considera la evaluación por medio de un análisis mais incluyente. Esa norma también hace posible un diagnóstico que incluya la realidad de la estructura, lo que significa un avance, considerando las limitaciones y la carencia de literatura para la evaluación de la seguridad de puentes existentes en Brasil, al contrário de otros países donde son utilizados análisis sofisticados que incluyen métodos probabilísticos.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El significado de la ocurrencia de accidentes estructurales, algunos de naturaleza grave, incolucrando las Obras de Arte Especiales brasileñas, en los ambitos federal, estadual y municipal, es un hechoconcreto que puede ser constatado por la simple observación de los noticieros de los medios de comunicación. Es posible concluir que la vulnerabilidad de tales obras está directamente asociada a la agresividad ambiental de determinadas regiones. Los procesos erosivos de las fundaciones y la falta de mantenimiento apropiado también contribuyen para la reducción de la seguridad y la necesidad de grandes y onerosas reparaciones.

En ese sentido, este texto procuró contribuir para la producción del conocimiento sobre este tema, aún carente de literatura especializada en Brasil, a partir del estudio de caso presentado que mostró un panorama de la actual situación en que se encuentran los puentes de la red vial federal que atraviesan el Estado de Pernambuco y que, de modo general, también representan la situación de los puentes de la red vial brasileña.

El estudio mostró que un factor que contribuye para la ocurrencia y la evolución de los daños es el hecho que muchas de ellas fueron proyectadas y construídas en épocas en las cuales las normas no consideraban los conceptos dirigidos a la garantía de una mayor durabilidad y no había un conocimiento más profundo sobre los desempeños de los materiales utilizados en las construcciones. Además de eso, hubo una progresiva evolución del flujo y peso de los vehículos, con significativo aumento de las cargas vivas transmitidas a las estructuras, que no fueron dimensionadas para tales valores. Esos hechos, asociados a la ausencia de políticas y estrategias dirigidas a la conservación, aceleraron la evolución de los problemas patológicos, de los daños estructurales y la deficiencia de funcionalidad de las Obras de Arte Especiales de las vías brasileñas.

Este estudio también evidenció que la inexistencia de banco de datos con todas las informaciones cadastrales necesarias para la gerencia de los puentes la red vial brasileña ha dificultado la elaboración de diagnósticos precisos que lleven a adpotar medidas adecuadas para solucionar los problemas estructurales y funcionales de esas obras, con base a las prioridades de cada una, pues muchas informaciones necesarias son inexistentes en el SGO del DNIT.

Sin embargo, este trabajo hace algunas recomendaciones que, siendo adoptadas, podrán contribuir para minimizar gran parte de los problemas identificados en los puentes de la muestra estudiada y que se repiten en las demás Obras de Arte Especiales de Brasil. A continuación, son relacionadas las intervenciones recomendadas por orden de prioridad según los porcentajes de ocurrencias observadas en las inspecciones realizadas. Se observa que la mayoría de esas intervenciones de recuperación y refuerzo no son de gran complejidad y niosignifican altos costos.

- Restauración del sistema de drenaje de la superestructura, por el hecho de 88,25% de los puentes analizados estar con filtraciones y eflorescencia del concreto del tablero y 27,71% con sus drenajes dañados y/o destruidos.
- Recuperación con aplicación de concreto proyectado de la capa de recubrimiento del concreto del tablero, pues 52,71% de los puentes de la muestra están con desprendimiento del concreto.
- Tratamiento y/o sustitución de armaduras corroídas, con incidencia de 51,81% de las obras inspeccionadas.
- Sustitución de barreras New Jersey y barandas dañadas ó destruidos, observados en 18,07% de los puentes de la muestra.
- Corrección de daños de las coincidencias, muchas de ellas causadas por recalces diferenciales y erosiones, encontradas en 16,26% de los puentes. En esos casos, se hace necesaria la realización de estudios geotécnicos e hidrológicos para evaluar la seguridad de las fundaciones y la sección de salida, previniendo la necesidad o no de reforzar y proteger contra la erosión.
- Sustitución de las juntas de dilatación dañadas, responsables por la aparición de manifestaciones patológicas y daños estructurales em el 47,29% de las obras estudiadas.
- Sustitución de los aparatos de apoyo dañados y responsables por alteraciones en la transmisión de los esfuerzos del tablero para la mesoestructura, teniendo ocurrencia en 7,53% de los puentes.
- Corrección de daños diversos como cangrejeras, pequeñas fisuras y desprendimientos en elementos secundarios en la mayoría de los puentes observados.

Las recomendaciones deben ser objetos de proyectos elaborados por profesionales especializados y ejecutadas por empresas con experiencia en recuperación y refuerzo de estructuras de puentes. En los puentes más problemáticos (que obtuvieron notas 2 y 1), el primer paso debiera ser la realización de análisis numérico con la finalidad de evaluar la seguridad estructural y definir la necesidad y el tipo de refuerzo.

Otra cuestión que debe ser considerada de fundamental importancia para la garantía de la seguridad de los puentes y viaductos de Brasil, será la implantación de sistemas de gestión en las esferas federal, estadual y municipal, de modo de permitir el registro de las obras, inspecciones rutinarias, técnicas avanzadas de monitoreo y definición de las prioridades de intervención. También deben ser garantizados los recursos presupuestarios para viabilizar las acciones de conservación, antes que los daños desarrollen exponencialmente, como sucede actualmente.

No debe ser olvidado que la red vial brasileña continua en expansión y que, para eso, es necesario la elaboración de proyectos de alta calidad que además de conceptualizaciones y materiales adecuados para garantizar una mayor vida útil, también incluyan dispositivos apropiados para facilitarlas inspecciones y mantenimientos preventivos.

En fin, es posible concluir que los resultados obtenidos de esta pesquisa, aun siendo referidos a la malla vial federal de Pernambuco, muestran, de modo general, la actual situación de conservación de las Obras de Arte Especiales de las vías brasileñas y son coherentes con algunos trabajos realizados por otros autores que tienen muestras muy por debajo de puentes.

5. AGRADECIMENTOS

Los autores agradecen a la Escuela Politécnica de la Universidad de Pernambuco, así como a los DNIT (Departamento Nacional de Infraestructura de Transportes) por permitir el acceso a datos y disponibilizar las informaciones sobre los puentes estudiados en esta pesquisa.

6. REFERENCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2016), *NBR 9452: inspección de puentes, viaductos e passarelas de concreto - procedimento*. Rio de Janeiro.

Cunha, A. A. (2011), *Estudio das patologias em obras de arte especiais do tipo puentes e viaductos estruturados em concreto*. 152p. Proyecto final de curso (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Goiás, Goiania.

Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (2004). *Norma DNIT 010/2004 – PRO: inspecciones em puentes e viaductos de concreto armado e pretensado – procedimento*. 1.ed. Rio de Janeiro.

Meyer, K. F., *Passarelas e puentes para dutos*. 2. ed. Belo Horizonte: RONA. 243p.

Milani, C. Kripka, M. Pravia, Z. (2015), *Monitoramento de puentes*. Revista Infraestrutura urbana. PINI: Sao Paulo, 16.ed, 2011. Disponível em: <<http://Infraestruturaurbana.pini.com.br/solucoes-tecnicas/16/articulo260592-1.aspx>>. Acesso em: 12 abr. 2015.

Silva, C. J. G. (2016), *Uma muestra das condiciones estructurales e funcionales de puentes e viaductos das vias federales de Pernambuco*. Dissertação de Mestrado, Universidade de Pernambuco.

Vitório, J. A. P.; Barros, R. M. M. C. de. (2013) *Análisis dos danos estruturales e das condiciones de estabilidad de 100 puentes rodoviárias no brasil*. In: Congresso da Associação Portuguesa Para a Seguridad e Conservación de Puentes, 3, 2013, Porto. Anais... Porto, 9p.