

Uma Avaliação das Condições Estruturais, Funcionais e da Vida Útil de Seis Viadutos Rodoviários

José Afonso Pereira Vitório¹, Clayton José Gomes Silva², Romilde Almeida de Oliveira³

¹ Universidade de Pernambuco / Vitório & Melo Proj. Estrut. e Consult. Ltda. / afonsovitorio@gmail.com

² Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT / claytonjgsilva@gmail.com

³ Universidade Federal de Pernambuco / romildealmeida@gmail.com

Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar as atuais condições estruturais, funcionais e de durabilidade de seis viadutos rodoviários de concreto armado localizados na BR-381/MG – Anel Rodoviário de Belo Horizonte. O texto também apresenta uma estimativa da vida útil residual dessas obras, todas projetadas e construídas na década de 1970. Os estudos basearam-se nos dados obtidos das inspeções realizadas nos seis viadutos e foram complementados pela análise dos projetos originais disponibilizados. As inspeções foram feitas conforme os critérios da norma DNIT-010/2004-PRO – *Inspeções em Pontes e Viadutos de Concreto Armado e Protendido – Procedimento* e da norma ABNT NBR 9452 (2019) – *Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto – Procedimento*. Para a estimativa da vida útil foi aplicado o Método dos Fatores a cada uma das obras, fazendo-se as devidas adequações dos requisitos previstos pelas normas ABNT NBR 15575-1(2013) – *Edificações Habitacionais – Desenpenho – Parte 1 – Requisitos Gerais* e ISO 15686- 1 (2011). Os resultados obtidos indicaram que as condições de estabilidade, funcionalidade e durabilidade, assim como a perspectiva de tempo em que as obras ainda poderão ser utilizadas, foram influenciadas desfavoravelmente pelas condições de uso e pela deficiência de manutenções, mas foram influenciadas favoravelmente pela boa qualidade dos projetos e da execução das obras, mesmo considerando que foram projetadas e construídas há 50 anos com o uso de concreto com resistência à compressão (f_{ck}) bem inferior à atualmente adotada e com as cargas móveis do trem-tipo TB-360kN. Também foi possível concluir que os valores obtidos para as vidas úteis residuais se mostraram coerentes e que também poderão auxiliar as próximas etapas da análise, que contemplarão o projeto e execução das intervenções de recuperação, alargamento e reforço que necessitarão ser feitas para que os viadutos possam atender à nova geometria da via e às atuais condições de tráfego, incluindo a adequação às cargas móveis do trem-tipo TB-450kN.

Palavras-chave

Viadutos; estruturas; inspeção; recuperação; reforço; vida-útil.

Introdução

As pontes e viadutos que compõem o sistema viário brasileiro nas esferas federal, estaduais e municipais representam um patrimônio construído cujo valor é inestimável, considerando a importância dessas obras para o desenvolvimento nacional. Por isso, devem merecer uma atenção especial no que se refere às condições adequadas de segurança e funcionalidade para garantir prioritariamente a incolumidade dos usuários e também evitar que os danos e as manifestações patológicas, decorrentes do uso e do processo de envelhecimento, possam comprometer as condições de tráfego e venham a demandar vultosos custos de intervenções de recuperação e reforço.

Outra questão importante que deve ser considerada é qual a perspectiva do tempo de utilização de uma ponte antiga, projetada e construída há décadas para atender a uma demanda de tráfego bastante inferior à atual e com materiais cujas características de resistência são inferiores às atualmente utilizadas.

É nesse contexto que este trabalho avalia as condições estruturais e funcionais e também faz as estimativas das vidas úteis residuais de seis viadutos rodoviários localizados na BR-381/MG – Anel Rodoviário de Belo Horizonte.

Descrição sumária das obras avaliadas

Foram avaliados os viadutos sobre a Av. Antônio Carlos (pista direita e pista esquerda), viadutos sobre a Av. D. Pedro II, (pista direita e pista esquerda) e viadutos sobre a Av. Ivaí (pista direita e pista esquerda).

Foram considerados seis viadutos porque as pistas direita (PD) e esquerda (PE) constituem estruturas totalmente independentes, que foram inspecionadas e avaliadas separadamente em 2022. Para exemplificar, a Figura 1 mostra a seção transversal dos viadutos sobre a Av. D. Pedro II nas pistas direita e esquerda. Os outros viadutos têm seções transversais semelhantes.

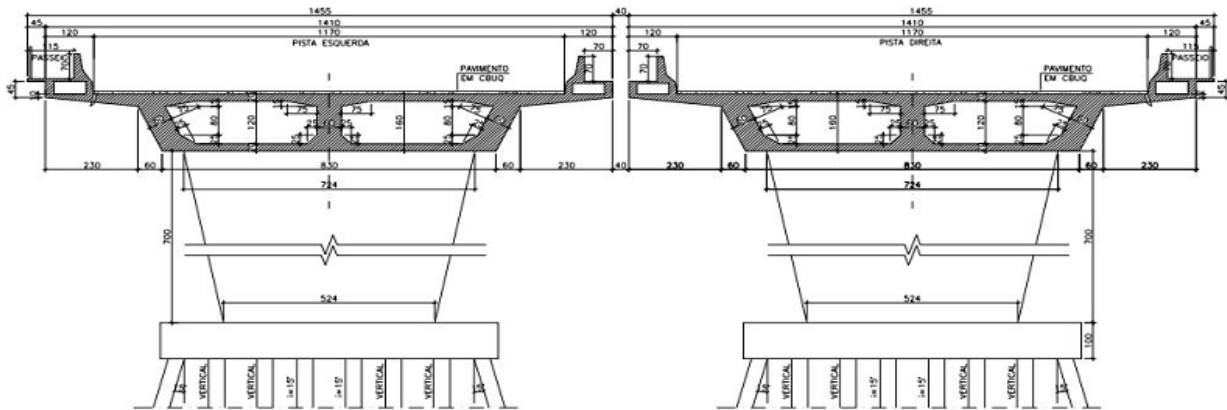


Figura 1- seção transversal dos viadutos sobre Av. D. Pedro II (PD e PE)

Todos os seis viadutos têm a superestrutura constituída por tabuleiros celulares de concreto armado e mesoestrutura formada por pilares e/ou encontros de concreto armado. As fundações do viaduto sobre a Av. Antônio Carlos são em tubulões de base alargada e as dos demais em estacas tipo Franki.

A tabela 1 mostra as principais características geométricas e estruturais dos viadutos, além do ano de construção. Nas Figuras 2 a 7 são apresentadas as vistas gerais das obras.

Tabela 1 - Principais características geométricas e estruturais dos viadutos.

OBRA	COMP (m)	LARG (m)	Nº VÃOS	TABULEIRO	FUNDAÇÃO	ANO CONSTR
Av. Antônio Carlos (P.D.)	84,30	10,45	3 vãos	Celular	Tubulões	1971
Av. Antônio Carlos (P.E.)	88,90	14,55	3 vãos	Celular	Tubulões	1973
Av. D. Pedro II (P.D.)	87,00	14,55	3 vãos + 2 balanços	Celular	Estacas	1973
Av. D. Pedro II (P.E.)	87,00	14,55	3 vãos + 2 balanços	Celular	Estacas	1973
Av. Ivaí (P.D.)	48,00	11,05	1 vão + 2 balanços	Celular	Estacas	1973
Av. Ivaí (P.E.)	48,00	11,85	1 vão + 2 balanços	Celular	Estacas	1971



Figura 2 - Vista geral dos viadutos da Av. Antônio Carlos.



Figura 3 - Vista inferior dos viadutos da Av. Antônio Carlos.



Figura 4 - Vista geral dos viadutos da Av. D. Pedro II.



Figura 5 - Vista inferior dos viadutos da Av. D. Pedro II.



Figura 6 - Vista geral dos viadutos da Av. Ivaí.



Figura 7- Vista inferior dos viadutos da Av. Ivaí.

Atuais condições estruturais, funcionais e de durabilidade dos viadutos

As condições estruturais, funcionais e de durabilidade dos viadutos foram conhecidas por meio de inspeções realizadas por uma equipe de inspetores especializados. As informações de campo, compostas por relatórios descritivos, fichas de inspeção e plantas de mapeamento das manifestações patológicas, foram analisadas em conjunto com os projetos originais que foram disponibilizados para quatro dos seis viadutos. Nas inspeções foram adotados os procedimentos das normas DNIT-010/2004-PRO e ABNT NBR 9452(2019).

Os dados obtidos das inspeções e dos projetos permitiram um conhecimento preliminar das condições dos viadutos, indicando que as manifestações patológicas e os danos existentes são aproximadamente os mesmos, variando de intensidade conforme o estado de conservação de cada obra, e estão de modo geral relacionados à idade e também à deficiência das manutenções ao longo desses anos. Convém destacar que essas obras estão submetidas a um intenso tráfego de veículos pesados e foram projetadas para o Trem-Tipo TB-360kN que foi utilizado até 1984, quando passou a vigorar o Trem-Tipo TB-450kN que é adotado até os dias atuais. A Tabela 2 mostra um resumo das principais manifestações patológicas e danos estruturais observados no conjunto das obras inspecionadas.

Tabela 2 - Resumo das principais manifestações patológicas e danos observados.

ELEMENTO	DANO / MANIFESTAÇÃO PATOLÓGICA
Tabuleiro	Acentuadas manchas e infiltrações Fissuras Armaduras expostas e oxidadas Deslocamento do concreto Juntas danificadas Drenos insuficientes
Mesoestrutura	Elevadas infiltrações entre encontros e tabuleiro Fissuras nos pilares e encontros Deslocamento do concreto em pilares e encontros Armaduras expostas em pilares e encontros Aparelhos de apoio danificados
Fundações	Não foram inspecionadas, mas não apresentam quaisquer indícios de anomalias
Elementos diversos	Pavimento desgastado Barreiras danificadas Guarda-corpos semidestruídos Ausência das placas pré-moldadas dos passeios Erosão nos taludes dos aterros de acesso

As metodologias das normas do DNIT e da ABNT apresentaram razoável uniformidade para as classificações dos viadutos quanto às condições estruturais, tendo quatro obras recebido a nota 3 (boa aparentemente pelo DNIT e regular pela ABNT) e duas obras classificadas com a nota 2 (sofrível pelo DNIT e ruim pela ABNT).

As notas finais referentes às caracterizações funcionais e de durabilidade, previstas apenas na norma da ABNT, variaram entre 2 e 3 no conjunto das obras avaliadas. Embora alguns elementos tenham obtido a nota 4 a avaliação final é feita pela menor nota atribuída. A nota 2 significa uma OAE com funcionalidade visivelmente comprometida, com riscos de segurança do usuário, requerendo intervenções de curto prazo e anomalias de moderadas a abundantes, que comprometem a vida útil. A nota 3 representa uma situação de desconforto ao usuário, com defeitos que requerem ações de médio prazo e anomalias de pequenas e poucas a moderadas que comprometem a vida útil, dependendo da agressividade ambiental.

Na Tabela 3 estão indicadas as classificações estruturais de acordo com a norma do DNIT. A Tabela 4 mostra as classificações estruturais, funcionais e de durabilidade conforme a norma da ABNT.

Tabela 3 - Classificação dos viadutos quanto às condições de estabilidade conforme a norma DNIT-010/2004-PRO.

OAE	NOTA TÉCNICA	CONDIÇÕES DE ESTABILIDADE
Viaduto Av. Antônio Carlos (P.D.)	2	Sofrível
Viaduto Av. Antônio Carlos (P.E.)	3	Boa aparentemente
Viaduto Av. D. Pedro II (P.D.)	3	Boa aparentemente
Viaduto Av. D. Pedro II (P.E.)	3	Boa aparentemente
Viaduto Av. Iváí (P.D.)	3	Boa aparentemente
Viaduto Av. Iváí (P.E.)	2	Sofrível

Tabela 4 - Classificação dos viadutos quanto aos parâmetros estruturais, funcionais e de durabilidade conforme a norma ABNT NBR-9452.

OAE	PARÂMETROS	SUPER ESTRUTURA	MESO ESTRUTURA	INFRA ESTRUTURA	PISTA	NOTA FINAL	
Viaduto Av. Ant. Carlos	PD	Estruturais	2	2	4	----	2
		Funcionais	2	----	----	3	2
		Durabilidade	2	2	4	2	2
	PE	Estruturais	3	3	4	----	3
		Funcionais	3	----	----	3	3
		Durabilidade	3	3	4	3	3
Viaduto Av. D. Pedro II	PD	Estruturais	3	3	4	----	3
		Funcionais	3	----	----	4	3
		Durabilidade	3	3	4	4	3
	PE	Estruturais	3	3	4	----	3
		Funcionais	3	----	----	3	3
		Durabilidade	3	3	4	4	3
Viaduto Av. Iváí	PD	Estruturais	3	4	4	----	3
		Funcionais	3	----	----	4	3
		Durabilidade	3	3	3	4	3
	PE	Estruturais	2	2	4	----	2
		Funcionais	2	----	----	4	2
		Durabilidade	2	2	4	2	2

Crítérios para a estimativa de Vida Útil dos Viadutos

A previsão da vida útil das estruturas de concreto vem sendo objeto de estudos em diversos países, com ênfase para as obras executadas em ambientes de alta agressividade, que é o caso da maioria das Obras de Arte Especiais.

Existem vários modelos para prever a vida útil das estruturas expostas a determinados mecanismos de degradação que fornecem aos projetistas as informações para avaliar e prevenir os problemas que poderão ocorrer ao longo do tempo de utilização da obra. Tais modelos também indicam quais as intervenções de manutenção que devem ser previstas e especificadas para garantir os desempenhos estruturais e funcionais esperados ao longo do ciclo de vida.

No Brasil, não há exigência normativa para determinação da vida útil de pontes e viadutos, mas em diversos outros países é estipulada a expectativa de vida para esses tipos de obras.

As normas europeias (Eurocódigos) incluíram no Eurocódigo 0 (NP. EN, 1990) “*Bases para o projeto de estruturas*” valores indicativos do tempo de vida útil de projeto, sendo considerado o valor de 100 anos para estruturas de pontes.

A norma ABNT NBR 15575-1 (2013) inclui no Anexo C (informativo) “*Considerações sobre durabilidade e vida útil*” a previsão da vida útil de projeto (VUP) mínima e superior de edificações, sendo estabelecidos para a estrutura 50 anos como o valor mínimo, 63 anos como o valor intermediário e 75 anos para o valor superior. Foi com base nestes critérios que as vidas úteis dos seis viadutos objetos deste estudo foram estimadas com a utilização do Método dos Fatores, desenvolvido por pesquisadores japoneses na década de 1980.

O método, que permite estimar a vida útil das construções e de seus componentes, foi normatizado pela ISO 15686 (2011) e possibilita obter a vida útil estimada (VUE) de uma estrutura, ou de um componente, por meio da multiplicação da vida útil de referência (VUR) por sete fatores que caracterizam os atributos que influenciam a durabilidade da estrutura ou de seus componentes, conforme a expressão a seguir:

$$VUE = VUR \times A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \quad (1)$$

Onde:

VUE – Vida Útil Estimada.

VUR – Vida Útil de Referência.

A, B, C, D, E, F, G – Fatores que representam os atributos que interferem na durabilidade conforme especificado a seguir:

Fator A – Qualidade dos materiais empregados na construção.

Fator B – Nível de qualidade do projeto.

Fator C – Nível de qualidade da execução.

Fator D – Características do meio ambiente interno.

Fator E – Características do meio ambiente externo.

Fator F – Características do uso.

Fator G – Nível de manutenção.

O método define valores variáveis em três níveis que estão diretamente associados à influência de cada fator na determinação da VUE, sendo estabelecidos os pesos correspondentes às situações a seguir relacionadas:

0,80 – Para situações muito desfavoráveis à estrutura ou ao componente estudado;

1,00 – Para atributos nas condições que foram consideradas para a vida útil ser igual à VUR;

1,20 – Para situações muito favoráveis à estrutura e ao componente estudado.

Cálculo da Vida Útil Estimada (VUE)

Com base na análise dos projetos, nas condições atuais de conservação, nas manifestações patológicas, nos danos estruturais identificados e nas condições de uso dos viadutos estudados, o Método dos Fatores foi aplicado, adotando-se para VUR os valores mínimos e máximos da vida útil de projeto (VUP) da norma ABNT NBR 15575-1 (2013) para uma estrutura e seus componentes. Registra-se que essa norma trata de estruturas de concreto de edifícios, mas está sendo utilizada neste estudo pela ausência de norma ou literatura técnica voltada para a vida útil de pontes no Brasil.

Na Tabela 5 são apresentados os critérios gerais que foram considerados por este estudo como referência para a atribuição dos pesos a cada fator do método, de acordo com as condições observadas nas estruturas dos viadutos durante as inspeções. É importante ressaltar que esses critérios gerais estão associados às tipologias estruturais e construtivas que caracterizam as OAE e também ao estado de conservação por ocasião da inspeção. Os pesos atribuídos em função desses critérios podem variar em função do conhecimento e da experiência dos profissionais responsáveis pela inspeção e pela avaliação estrutural.

**Tabela 5 - Critérios gerais para a aplicação do Método dos Fatores aos viadutos
(Adaptado de Silva *et al.*, 2021).**

Fator	Critérios considerados
A	<ul style="list-style-type: none"> • Qualidade, resistência e aparência do concreto utilizado na superestrutura e mesoestrutura.
B	<ul style="list-style-type: none"> • Se o projeto foi bem elaborado, conforme as normas estruturais e de materiais vigentes à época. Se foram adotados procedimentos adequados quanto ao detalhamento e cobrimento de armaduras, drenagem do tabuleiro, gabarito vertical, dentre outros.
C	<ul style="list-style-type: none"> • Análise do processo de execução da estrutura; se há indícios de falhas construtivas. • Se o processo construtivo permite o registro de manutenções.
D	<ul style="list-style-type: none"> • Por se tratar de estrutura localizada em meio externo, os aspectos atinentes a este fator referem-se ao interior do tabuleiro celular.
E	<ul style="list-style-type: none"> • Análise dos aspectos relacionados à degradação da estrutura como: presença de umidade, eflorescências, bolor, condições de agressividade ambiental, existência de agentes agressivos, tais como, cloretos, sulfatos, CO₂, localização em ambientes de grandes variações de temperatura, erosões nas fundações e aterros de acesso.
F	<ul style="list-style-type: none"> • Verificação da estrutura quanto à sua funcionalidade. • Se existem grandes variações de cargas, superiores às para as quais a estrutura foi dimensionada. • Nível de vibração do tabuleiro (normal, intenso e/ou exagerado). • Ocorrência de danos decorrentes de vandalismo. • Uso incorreto (moradia irregular sob a estrutura, por exemplo).
G	<ul style="list-style-type: none"> • Realização de manutenções preventivas. • Registro de manutenções. • Implementação de programa de manutenção. • Realização de manutenções corretivas. • Existência de contrato de manutenção.

Considerando os critérios estabelecidos na Tabela 5 foram atribuídos os pesos para cada fator nas estruturas dos seis viadutos, para $VUR = 50$ anos e $VUR = 75$ anos, calculando-se pela equação ⁽¹⁾ a vida útil estimada (VUE) para os limites inferiores e superiores da vida útil de referência, conforme mostra a tabela 6.

Como pode ser observado na Tabela 6, os valores atribuídos aos pesos dos fatores A, B, C e D variaram entre 1,0 e 1,1 conforme cada obra em virtude da qualidade dos materiais empregados nas construções e os níveis de qualidade dos projetos e das execuções terem sido equivalentes para todos os viadutos, estando em conformidade com as normas vigentes à época e com um padrão de qualidade que pode ser considerado bom, mesmo após 50 anos. Por outro lado, foram atribuídos os pesos 0,80 e 0,90 aos fatores E, F e G, o que significa que as características de uso e o nível de manutenção das seis obras se mostraram muito desfavoráveis e contribuíram decisivamente para a redução das vidas úteis estimadas.

Tabela 6 - Atribuição dos pesos dos fatores e calculo da vida útil estimada para os seis viadutos.

OAE	VUR (anos)	PESOS DAS VARIÁVEIS							VUE (anos)	
		A	B	C	D	E	F	G		
Viaduto Av. Ant. Carlos	PD	50	1,0	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	35,64
		75	1,0	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	53,46
	PE	50	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,8	47,44
		75	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,9	0,8	71,16
Viaduto Av. D. Pedro II	PD	50	1,0	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	38,33
		75	1,1	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	63,25
	PE	50	1,0	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	38,33
		75	1,0	1,1	1,1	1,1	0,9	0,8	0,8	57,50
Viaduto Av. Ivaí	PD	50	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	39,20
		75	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	58,81
	PE	50	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	32,40
		75	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	48,60

Cálculo da Vida Útil Residual

Com base na obtenção da Vida Útil Estimada para cada um dos viadutos com a aplicação do Método dos Fatores, foi efetuado o cálculo da Vida Útil Residual, considerando as vidas úteis de referência de 50 anos e de 75 anos, conforme mostra a Tabela 7.

O ano obtido para o alcance da Vida Útil Residual de cada obra teve como referência os anos em que os viadutos foram construídos, sendo dois deles em 1971 e quatro em 1973.

A Tabela 7 também mostra o saldo de anos da vida útil de cada obra tomando-se como referência 2022, que foi o ano em que as inspeções e as análises foram realizadas.

Observa-se que para $VUR = 50$ anos, as seis obras apresentaram um saldo negativo de alguns anos para a Vida Útil Residual. Para $VUR = 75$ anos apenas o viaduto da pista esquerda da Av. Ivaí já teria atingido a Vida Útil Residual há dois anos e os demais ainda dispõem de saldo positivo de alguns anos de acordo com o método utilizado.

Os valores mínimos e máximos para VUR em função dos quais foram obtidas as vidas úteis residuais, mesmo que atualmente possam ser considerados conservadores, estão coerentes com os padrões de projeto, da construção e dos materiais empregados à época em que os viadutos foram executados, que não recomendariam estimar uma vida útil maior, ao contrário das condições atuais de avanço tecnológico dos projetos e da construção civil que permitem prever para pontes vidas úteis em torno de 100 e 120 anos.

Tabela 7 - Resumo dos valores da VUE e da Vida Útil Residual de cada viaduto (Adaptado de Silva et al, 2021).

OAE	VUR (anos)	VUE (anos)	Ano de Construção	Redução da VUR (%)	Vida Útil Residual	Saldo Referente Ano de Avaliação (anos)
Viaduto Av. Ant. Carlos	50	35,64	1971	28,72	2007	-15
	75	53,46	1971	28,72	2024	2
	50	47,44	1973	5,12	2020	-2
	75	71,16	1973	5,12	2044	22
Viaduto Av. D. Pedro II	50	38,33	1973	23,34	2011	-11
	75	63,25	1973	15,67	2036	14
	50	38,33	1973	23,34	2011	-11
	75	57,50	1973	23,33	2031	9
Viaduto Av. Ivaí	50	39,20	1973	21,60	2012	-10
	75	58,81	1973	21,59	2032	10
	50	32,40	1971	35,20	2003	-19
	75	48,60	1971	35,20	2020	-2

Conclusão

A ausência no Brasil de normas e de literatura técnica para a análise das OAEs existentes é certamente uma das causas das dificuldades para a avaliação e o diagnóstico das reais condições de uso e também para a definição de quais procedimentos a adotar para garantir a essas obras maior durabilidade e vida útil com segurança e funcionalidade.

Os seis viadutos analisados neste trabalho, todos construídos no início dos anos 70, constituem uma pequena amostra dessas obras antigas que necessitam periodicamente ser avaliadas para que possam continuar atendendo às condições atuais de uso com o devido incremento de vida útil. Esses viadutos também têm em comum o fato de terem sido bem projetados e bem construídos para os padrões da época, conforme mostraram os resultados das inspeções e das análises dos projetos, que apontaram que as principais causas dos problemas estão relacionadas à idade das estruturas, às severas condições de uso e às deficiências de manutenção ao longo de cinco décadas.

Na ausência de literatura mais específica foram adotados os procedimentos das normas do DNIT e da ABNT usualmente utilizadas no Brasil para inspeções de pontes e viadutos que, dentro dos seus limites, confirmaram as causas acima descritas para os danos e manifestações patológicas observadas nas estruturas dos viadutos. A estimativa da vida útil pelo Método dos Fatores por sua vez foi influenciada favoravelmente pela uniformidade dos pesos dos fatores relacionados à qualidade dos materiais de construção, à qualidade do projeto e da execução da obra (fatores A, B e C) que contribuíram para aumentar a vida útil estimada (VUE). Por outro lado, observou-se também uma uniformidade, mas no sentido desfavorável, dos pesos dos fatores relacionados às características do ambiente externo, do uso e do nível de manutenção (Fatores E, F e G) que contribuíram para diminuir a VUE.

Diante disso, os resultados obtidos para as vidas úteis residuais, considerando a vida útil de referência (VUR) de 50 anos conforme a NBR 15575-1(2013), mostraram que todos os seis viadutos apresentaram vidas úteis estimadas com saldos negativos de anos referentes ao ano de avaliação, que foi 2022. A pior situação foi a do viaduto sobre a Av. Ivaí (PD) que atingiu a vida útil residual em 2003 com saldo negativo de 19 anos; para VUR=50 todos os outros atingiram as vidas úteis residuais entre 2007 e 2020.

Ao considerar a $VUR=75$ anos, apenas o viaduto sobre a Av. Ivaí (PE) já teria atingido a vida útil em 2020. Os demais alcançariam a vida útil residual entre 2024 e 2044. Estes resultados significam que se fosse esse o valor escolhido para a VUR , os viadutos estariam em conformidade com a vida útil de referência, necessitando apenas passar por manutenções preventivas para que pudessem manter as condições de uso exigidas.

Finalizando, é possível concluir que os resultados deste estudo, mesmo com os limites e simplificações que necessitaram ser feitas, mostraram que os problemas estruturais, funcionais e de durabilidade das seis OAEs analisadas foram significativamente agravados pela deficiência de manutenção ao longo do tempo e que o bom nível dos projetos e da execução das obras contribuíram para mitigar esses problemas. A consideração da $VUR=75$ anos apresentou resultados mais realistas e menos conservadores do que os da $VUR=50$ anos.

Esses resultados também poderão contribuir para a próxima etapa da avaliação que será a análise estrutural e elaboração dos projetos de alargamento, recuperação e reforço dos viadutos, para que possam atender à nova geometria das vias e às atuais cargas móveis.

Referências

- ABNT NBR 9452 – Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto – Rio de Janeiro, 2019.
- ABNT NBR 15575-1 – Edificações Habitacionais – Desempenho – Parte 1 – Rio de Janeiro, 2013.
- DNIT 010:2004-PRO - Inspeções em pontes e viadutos de concreto armado e protendido – Procedimento, 2004.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO 15686-1 – Buildings and Constructed Assets – Service Life Planning – Part 1: General Principles and Framework, 2011.
- SILVA, C. J. G.; VITÓRIO, J. A. P.; de MORAIS, M. H. M. F.; CARNEIRO, A. M. P.; de OLIVEIRA, R. A – Estudo sobre a Vida Útil Residual de duas Passarelas de Pedestres Localizadas na Rodovia BR-101/PE, Research, Society and Development, V10, n 12, 2021.
- SILVA, C. J. G. – Uso do Método dos Fatores e da Análise de Sobrevivência na Estimativa de Vida Útil da Superestrutura de Pontes e Viadutos Rodoviários. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2022.
- VITÓRIO, J. A. P. – Relatório de Inspeção de Obras de Arte Especiais, Rodovia BR-381/MG, Viadutos Sobre Avenida Antônio Carlos, Avenida Dom Pedro II e Avenida Ivaí. Belo Horizonte, 2002.