

## **Avaliação das manifestações patológicas e do estado de conservação de viadutos em Betão Armado no município de Luanda**

**José Paulo Kai**

Doutor em Mecânica das Estruturas

Instituição: Faculdade de Engenharia da Universidade Agostinho Neto (FEUAN)

E-mail: jose.kai@uan.ao

Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-3255-9900>

**Firmino Nunes André**

Doutorando em Engenharia Civil

Instituição: Escola de Engenharia da Universidade do Minho (EEUM)

E-mail: ID12189@alunos.uminho.pt

**Dumilde Caluaco Guerra**

Mestre em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Jean Piaget de Angola (UJPA)

E-mail: dumildeguerra@gmail.com

**Feliciano Damião André Quia**

Mestre em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Jean Piaget de Angola (UJPA)

E-mail: quia23@live.com.pt

### **RESUMO**

O presente estudo teve como objetivo avaliar as manifestações patológicas e o estado de conservação de quatro viadutos em betão armado no Município de Luanda, com idade superior a 21 anos. A metodologia baseou-se em inspeções visuais detalhadas e na aplicação do método de avaliação do DNIT, que atribui notas de 1 a 5 aos elementos estruturais e não estruturais. Os resultados indicaram que todos os viadutos apresentaram nota final de classificação 3, correspondente a "condições de estabilidade boa aparentemente". As principais patologias identificadas incluem fissuração, delaminação do betão, exposição de armaduras, degradação de juntas de dilatação, deficiências na sinalização e drenagem, entre outras. Conclui-se que, embora os viadutos se encontrem em condições aceitáveis, são necessárias intervenções de manutenção preventiva e corretiva para garantir a sua durabilidade e segurança. O estudo reforça a importância de sistemas de gestão patrimonial para obras de arte especiais, alinhando-se com as melhores práticas internacionais.

**Palavras-chave:** Viadutos. Betão Armado. Manifestações Patológicas. Inspeção. Estado de Conservação. Método DNIT.

### **1 INTRODUÇÃO**

As obras de arte especiais (OAE), como pontes e viadutos, constituem elementos vitais na infraestrutura de transporte de qualquer país, assegurando a conectividade regional e o desenvolvimento socioeconómico (DEBS & TAKEYA, 2007). No Município de Luanda, o rápido crescimento urbano pós-

conflito, a partir de 2002, resultou na construção acelerada de um parque considerável destas infraestruturas. Muitas delas, com mais de duas décadas de serviço, começam a exibir sinais de degradação, colocando em evidência a necessidade de uma gestão patrimonial eficaz, baseada em inspeções periódicas e manutenção adequada (JESUS, 2015).

A degradação de estruturas de betão armado é um processo complexo, influenciado por fatores intrínsecos (qualidade dos materiais, detalhes construtivos) e extrínsecos (ações ambientais, sobrecargas, manutenção) (HELENE, 1993). A inspeção sistemática é, portanto, a ferramenta fundamental para o diagnóstico do estado real destas obras, permitindo a identificação precoce de patologias e a programação de intervenções (DNIT, 2004; RYALL, 2010).

Neste contexto, este artigo apresenta uma avaliação detalhada de quatro viadutos em betão armado localizados em Luanda, Angola. O estudo visa: (i) identificar e caracterizar as principais manifestações patológicas; (ii) aplicar o método de avaliação proposto pelo DNIT (2004) para classificar o estado de conservação; e (iii) discutir as prováveis causas das patologias e propor medidas mitigadoras, contribuindo para a preservação do património existente e para a segurança dos utentes.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 PATOLOGIAS EM ESTRUTURAS DE BETÃO ARMADO**

As manifestações patológicas em estruturas de betão armado podem ser classificadas quanto à sua origem em: defeitos de projeto, de materiais, de execução e de utilização (SOUSA & RIPPER, 1998 apud GIOVANNETTI, 2014). Para pontes e viadutos, a ação combinada de cargas cíclicas, agentes ambientais agressivos (como os cloretos provenientes de maresia ou de antigelo) e a carbonatação do betão são os principais mecanismos de deterioração, frequentemente culminando na corrosão das armaduras (MEHTA & MONTEIRO, 2014).

A corrosão é um processo eletroquímico que provoca a expansão do volume do aço, gerando tensões internas que levam ao fendilhamento, descascamento e, finalmente, à delaminação do betão de recobrimento. Este fenómeno, para além de comprometer a estética e a durabilidade, reduz significativamente a capacidade resistente da seção transversal dos elementos estruturais (ANDRADE, 1993).

### **2.2 INSPEÇÃO E AVALIAÇÃO DE PONTES E VIADUTOS**

A inspeção é definida como um conjunto de procedimentos técnicos realizados de acordo com um planeamento prévio, que fornece informações sobre a obra num determinado instante (GIOVANNETTI, 2014). O Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias do DNIT (2004) estabelece uma metodologia robusta, classificando as inspeções em: cadastral, rotineira, especial, extraordinária e intermediária.

O método de avaliação do DNIT é baseado na atribuição de notas (de 1 a 5) para cada elemento componente da obra, considerando a gravidade e extensão das patologias. A nota final da estrutura corresponde à menor nota atribuída a um dos seus elementos com função estrutural, adoptando uma abordagem conservadora que prioriza a segurança (DNIT, 2004). Esta sistemática permite uma quantificação objectiva do estado de conservação, facilitando a priorização de intervenções e a alocação de recursos. Sistemas similares são utilizados internacionalmente, como proposto pelo relatório COST 345 (2007) na Europa e pelo Bridge Inspection Manual (BIRM) nos EUA.

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, com uma abordagem quali-quantitativa e objetivos exploratório-descritivos (SILVA & MENEZES, 2005). O estudo de caso múltiplo foi conduzido em quatro viadutos (OAE) construídos em 2001, localizados no Município de Luanda, Angola, e com idades superiores a 21 anos no momento da inspeção (2023):

- OAE 1: Viaduto do Aeroporto Internacional 4 de Fevereiro
- OAE 2: Viaduto do Cassenda
- OAE 3: Viaduto do Zamba 2
- OAE 4: Passagem Inferior da Embaixada Portuguesa

A seleção da amostra baseou-se no critério de homogeneidade quanto à idade e material construtivo (betão armado), permitindo uma análise comparativa dos padrões de degradação.

A inspeção visual detalhada, alinhada com os procedimentos para uma "Inspeção Especial" conforme o DNIT (2004), foi realizada com equipamentos que incluíram máquina fotográfica digital, drone para acesso a áreas de difícil alcance, fita métrica, medidor a laser e fissurómetro. Foram avaliados sistematicamente os seguintes componentes:

- *Pista de rolamento e elementos do estrado*: acessos, juntas de dilatação, barreiras de proteção (New Jersey), guarda-corpos, guarda-rodas, dispositivos de drenagem, sinalização e iluminação.
- *Superestrutura*: aparelhos de apoio (neopreno), tabuleiro e canalizações públicas.
- *Mesoestrutura*: pilares-parede.
- *Infraestrutura*: encontros e proteção de taludes.

Cada elemento foi classificado com uma nota de 1 a 5, conforme a gravidade e extensão das patologias observadas, seguindo a escala do DNIT (2004):

- 5 (Excelente): Nenhum ou insignificantes defeitos.
- 4 (Bom): Pequenos defeitos, sem afectação significativa.

- 3 (Regular): Defeitos moderados, requerendo intervenção a médio prazo.
- 2 (Ruim): Defeitos graves, requerendo intervenção prioritária.
- 1 (Péssimo): Defeitos críticos, com risco iminente de colapso.

A nota final da obra correspondeu à menor nota atribuída a um dos seus elementos com função estrutural, garantindo uma avaliação conservadora e segura.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DAS PRINCIPAIS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

A inspeção detalhada revelou um padrão consistente de patologias nos quatro viadutos, indicando problemas sistêmicos relacionados com a exposição ambiental, a qualidade da execução e, sobretudo, a falta de manutenção programada. As manifestações mais significativas foram:

- *Pista de rolamento*: Presença generalizada de afundamentos, exsudação, escorregamentos e reparos pontuais inadequados (remendos), os quais comprometem o conforto e a segurança ao rolamento. Estes defeitos estão frequentemente associados a problemas de compactação do aterro de acesso e à degradação das camadas do pavimento (Figura 1a).
- *Juntas de dilatação*: As juntas do tipo monobloco de elastómero e aço apresentaram acúmulo de detritos, perda de capacidade de vedação e danificação das bordas (Figura 1b). Este quadro compromete a estanqueidade, permitindo a infiltração de água e agentes agressivos sobre os aparelhos de apoio e elementos estruturais inferiores, um problema amplamente documentado na literatura (VITÓRIO, 2002).
- *Elementos de segurança e proteção*: As barreiras New Jersey, os guarda-corpos metálicos e os guarda-rodas exibiram fissuração, delaminação do betão, exposição e corrosão acentuada das armaduras, e pintura deteriorada (Figuras 1c e 1d). A corrosão das armaduras, desencadeada pela carbonatação do betão e/ou pela penetração de cloretos, é o mecanismo patológico preponderante (HELENE, 1993).
- *Sinalização e iluminação*: Verificou-se uma quase ausência ou degradação severa da sinalização vertical e horizontal, bem como da iluminação pública. Esta condição representa um elevado risco para a segurança rodoviária, especialmente durante a noite ou em condições meteorológicas adversas.
- *Elementos Estruturais*: Nos pilares e encontros, foram identificadas fissuração, descasque do betão, manchas escuras por humidade e, em alguns casos, a presença de eflorescências (Figura 1e). A utilização indevida da infraestrutura, como a ocorrência de necessidades fisiológicas na base dos pilares, introduz agentes químicos agressivos que aceleram a degradação.

Figura 1. Exemplos de manifestações patológicas identificadas: (a) Panelas e afundamentos na pista de rolamento (OAE 4); (b) Junta de dilatação danificada (OAE 1); (c) Guarda-roda com corrosão severa de armaduras (OAE 2); (d) Barreira New Jersey delaminada (OAE 3); (e) Fissuração e descasque do betão num pilar (OAE 1).



Mau remendo e/ou panelas



Afundamentos

(a) Panelas e afundamentos na pista de rolamento (OAE 4)



Ausência de alvéolos de fixação e fenda no remate entre a junta e acamada de transição



Escorrência de água pluvial

(b) Junta de dilatação danificada (OAE 1)



Exposição e corrosão das armaduras

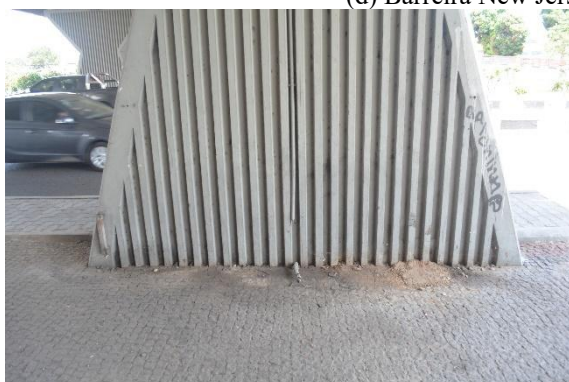


Desintegração parcial

(c) Guarda-roda com corrosão severa de armaduras (OAE 2)



(d) Barreira New Jersey delaminada (OAE 3)



(e) Fissuração e descasque do betão num pilar (OAE 1)

Fonte: Próprio autor (2025).

## 4.2 AVALIAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO PELO MÉTODO DNIT

A aplicação do método de avaliação resultou na atribuição da nota final 3 (Regular) a todos os viadutos estudados. A Tabela 1 sintetiza a classificação por componente principal, evidenciando a homogeneidade do estado de conservação do parque amostrado.

Tabela 1 – Classificação dos viadutos por componente estrutural principal

<b>Componente</b>	<b>OAE 1</b>	<b>OAE 2</b>	<b>OAE 3</b>	<b>OAE 4</b>
Pista de rolamento e estrado	3	3	3	3
Superestrutura	3	3	3	3
Mesoestrutura (Pilares)	3	3	3	3
Infraestrutura (Encontros)	3	3	3	3
Nota Final da Obra	3	3	3	3

Fonte: Próprios autores (2025).

## 4.3 DISCUSSÃO CRÍTICA DOS RESULTADOS

A uniformidade na classificação final (Nota 3) reflete não apenas a similaridade construtiva e etária dos viadutos, mas também a exposição a condições ambientais e de tráfego análogas. A nota "Regular" indica que as estruturas ainda possuem estabilidade global aparente, mas apresentam um estado de degradação moderado que, se não for travado, progredirá de forma acelerada, podendo evoluir para condições "Ruins" ou "Péssimas" num curto espaço de tempo (JESUS, 2015).



As patologias observadas são, na sua maioria, consequência de uma conjugação de fatores:

1. *Deficiências na Fase de Execução*: A má vibração do betão, o recobrimento insuficiente das armaduras e os detalhes construtivos inadequados, identificados em vários elementos (e.g., guarda-rodas), são falhas na origem que comprometem a durabilidade a longo prazo (HELENE, 1993).
2. *Ausência de Manutenção Preventiva*: A falta de inspeções rotineiras e de intervenções de conservação, como limpeza de juntas e drenos, aplicação de pinturas de proteção e reparos pontuais, permitiu que pequenos defeitos evoluíssem para patologias significativas. Esta é, talvez, a causa mais crítica identificada, sendo um problema comum em contextos onde a gestão patrimonial não está plenamente implementada (GIOVANNETTI, 2014).
3. *Ações Ambientais e de Exploração*: A exposição ao clima tropical, o tráfego intenso e, possivelmente, a circulação de veículos com cargas superiores às previstas no projeto, contribuíram para a aceleração do processo de fadiga e degradação dos materiais.

O estudo de caso corrobora a visão de Reis (2006) de que a intuição na concepção deve ser sempre acompanhada por uma rigorosa fiscalização na execução e por uma gestão activa durante a fase de exploração. A situação encontrada em Luanda é um alerta para a necessidade urgente de se implementar um sistema de gestão de OAE, tal como preconizado pelo DNIT (2004) e por autores como Ryall (2010), que permita um controlo sistemático do estado destas infraestruturas críticas.

## 5 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que os quatro viadutos em betão armado no Município de Luanda, com mais de 21 anos de serviço, apresentam um estado de conservação classificado como "Regular" (Nota 3) de acordo com o método DNIT. Esta condição é caracterizada pela presença generalizada de manifestações patológicas moderadas, que não comprometem a estabilidade global de forma iminente, mas que sinalizam a necessidade urgente de intervenções de manutenção.

A aplicação da metodologia de inspeção e avaliação do DNIT mostrou-se uma ferramenta eficaz e prática para a quantificação objectiva do estado de conservação, permitindo a priorização de intervenções com base em critérios técnicos.

Como recomendações, propõe-se:

- *Intervenções Imediatas*: Execução de manutenção corretiva nos elementos mais críticos, nomeadamente: limpeza e substituição de juntas de dilatação; reparação e proteção anticorrosiva de guarda-corpos e guarda-rodas; e reparação dos sistemas de drenagem e sinalização.

- *Gestão a Médio e Longo Prazo*: Implementação de um programa permanente de inspeções rotineiras (bianuais) e especiais (quinquenais), com recurso a um sistema de gestão patrimonial (e.g., software específico) para armazenamento e análise evolutiva dos dados.
- *Investigação Futura*: Realização de ensaios não destrutivos (e.g., esclerometria, potenciostato) para uma quantificação mais precisa da resistência do betão e do estado de corrosão das armaduras, complementando as inspeções visuais.

A preservação deste património infraestrutural é crucial não apenas para a segurança dos utentes, mas também para a sustentabilidade económica de Luanda, garantindo a fluidez do tráfego e evitando custos associados a reparações profundas ou reconstruções prematuras no futuro.

### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Centro Integrado de Segurança Pública (CISP) pelo apoio logístico, e à Administração do Município de Luanda pelo acesso às obras de arte estudadas.



## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, C. Cálculo dos coeficientes de difusão de cloretos no betão a partir de medições de migração iónica. *Cement and Concrete Research*, v. 23, n. 3, p. 724-742, 1993.
- DEBS, M. K.; TAKEYA, T. Introdução às Pontes de Concreto. Texto Provisório de Apoio à Disciplina SET-412. São Carlos: EESC-USP, 2007.
- DNIT. Manual de Inspeção de Pontes Rodoviárias. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, 2004.
- GIOVANNETTI, A. C. V. P. Avaliação do estado de conservação de pontes – Estudo de caso. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- HELENE, P. R. L. Corrosão em Armaduras para Concreto Armado. In: ISAIA, G. C. (Ed.). *Concreto: Ensino, Pesquisa e Realizações*. São Paulo: IBRACON, 1993. p. 581-610.
- JESUS, R. F. A. Inspeção e reabilitação de pontes e viadutos em betão armado na R.A.M. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade da Madeira, Funchal, 2015.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials*. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- REIS, A. J. Folhas da disciplina de Pontes. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2006.
- RYALL, M. J. *Bridge Management*. 2nd ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2010.
- SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. *Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação*. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.
- VITÓRIO, J. A. P. *Pontes rodoviárias: fundamentos, conservação e gestão*. Recife: CREA-PE, 2002.