


**ANÁLISE DE COLAPSO EM PONTES RODOVIÁRIAS: ESTUDO DE CASO DA PONTE
JUSCELINO KUBITSCHKEK (MA-TO)**

**COLLAPSE ANALYSIS OF HIGHWAY BRIDGES: A CASE STUDY OF THE JUSCELINO
KUBITSCHKEK BRIDGE (MA-TO, BRAZIL)**

**ANÁLISIS DE COLAPSO EN PUENTES VIALES: ESTUDIO DE CASO DEL PUENTE
JUSCELINO KUBITSCHKEK (MA-TO, BRASIL)**

 <https://doi.org/10.56238/arev8n3-142>

Data de submissão: 02/03/2026

Data de publicação: 30/03/2026

Gabriel Lima Oliveira Martins

Doutor em Estruturas e Construção Civil
Instituição: Universidade Federal de Tocantins
E-mail: gabriellima@uft.edu.br

Vitória Régia Araújo Ribeiro

Doutoranda em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos
Instituição: Universidade de Brasília
E-mail: vitoria.rib@hotmail.com

Pedro Filipe de Luna Cunha

Doutor em Estruturas
Instituição: Instituto Federal Goiano
E-mail: pedro.cunha@ifgoiano.edu.br

Pollyanna Laurindo de Oliveira

Doutora em Química
Instituição: Instituto Federal Goiano
E-mail: pollyanna.oliveira@ifgoiano.edu.br

RESUMO

O colapso de pontes rodoviárias representa um dos eventos mais críticos na engenharia de infraestrutura, evidenciando falhas nos processos de inspeção, manutenção e gestão de risco ao longo da vida útil das estruturas. Este estudo analisa o colapso da Ponte Juscelino Kubitschek, localizada na divisa entre os estados do Maranhão e Tocantins, ocorrido em dezembro de 2024. A metodologia adotada possui caráter qualitativo e interpretativo, baseada na análise integrada de registros visuais, documentos técnicos e informações públicas, associada à aplicação de uma matriz de risco para avaliação da criticidade estrutural. Os resultados indicam que a ponte apresentava sinais avançados de deterioração, como fissuração, infiltrações e corrosão de armaduras, associados à ausência de manutenção adequada e ao aumento significativo das cargas de tráfego ao longo do tempo. A ocorrência de carregamentos excepcionais atuou como fator desencadeante para o colapso, em um cenário já comprometido. A análise de risco evidenciou que os principais perigos se enquadravam em níveis elevados de criticidade, indicando a necessidade de intervenções imediatas que não foram implementadas. O estudo reforça a importância da gestão baseada em risco, da aplicação rigorosa de normas de inspeção e da adoção de tecnologias de monitoramento estrutural para prevenção de falhas catastróficas em pontes.

Palavras-chave: Colapso Estrutural. Pontes Rodoviárias. Gestão de Risco. Deterioração Estrutural. Inspeção de Pontes.

ABSTRACT

The collapse of highway bridges represents one of the most critical events in infrastructure engineering, highlighting failures in inspection, maintenance, and risk management throughout the service life of structures. This study analyzes the collapse of the Juscelino Kubitschek Bridge, located on the border between the states of Maranhão and Tocantins, Brazil, which occurred in December 2024. The adopted methodology is qualitative and interpretative, based on the integrated analysis of visual records, technical documents, and publicly available information, combined with the application of a risk matrix to assess structural criticality. The results indicate that the bridge exhibited advanced deterioration, including cracking, water infiltration, and reinforcement corrosion, associated with the lack of proper maintenance and the significant increase in traffic loads over time. The occurrence of exceptional loads acted as a triggering factor for the collapse in an already compromised structural scenario. The risk analysis showed that the main hazards were classified at high criticality levels, indicating the need for immediate interventions that were not implemented. The study highlights the importance of risk-based management, strict application of inspection standards, and the adoption of structural health monitoring technologies to prevent catastrophic failures in bridges.

Keywords: Structural Collapse. Highway Bridges. Risk Management. Structural Deterioration. Bridge Inspection.

RESUMEN

El colapso de puentes viales representa uno de los eventos más críticos en la ingeniería de infraestructura, evidenciando fallas en los procesos de inspección, mantenimiento y gestión de riesgos a lo largo de la vida útil de las estructuras. Este estudio analiza el colapso del Puente Juscelino Kubitschek, ubicado en la frontera entre los estados de Maranhão y Tocantins, Brasil, ocurrido en diciembre de 2024. La metodología adoptada es de carácter cualitativo e interpretativo, basada en el análisis integrado de registros visuales, documentos técnicos e información pública, junto con la aplicación de una matriz de riesgo para evaluar la criticidad estructural. Los resultados indican que el puente presentaba un avanzado estado de deterioro, incluyendo fisuración, infiltraciones y corrosión de armaduras, asociado a la falta de mantenimiento adecuado y al incremento significativo de las cargas de tráfico con el tiempo. La ocurrencia de cargas excepcionales actuó como factor desencadenante del colapso en un escenario estructural ya comprometido. El análisis de riesgo evidenció que los principales peligros se encontraban en niveles elevados de criticidad, lo que indicaba la necesidad de intervenciones inmediatas que no fueron implementadas. El estudio resalta la importancia de la gestión basada en riesgo, la aplicación rigurosa de normas de inspección y la adopción de tecnologías de monitoreo estructural para prevenir fallas catastróficas en puentes.

Palabras clave: Colapso Estructural. Puentes Viales. Gestión de Riesgos. Deterioro Estructural. Inspección de Puentes.

1 INTRODUÇÃO

A Ponte Juscelino Kubitschek (conhecida como ponte do Estreito), que era localizada na divisa entre Estreito (MA) e Aguiarnópolis (TO), constituía um dos principais pontos de travessia sobre o rio Tocantins, integrando o eixo viário da BR-226 e desempenhando papel estratégico para o escoamento agrícola, industrial e para a conexão logística entre as regiões Norte e Nordeste do Brasil. Inaugurada na década de 1970, a estrutura foi construída em concreto armado e protendido, seguindo o modelo convencional de vigas contínuas apoiadas sobre pilares e encontros em ambas as margens, projetada para suportar cargas compatíveis com o tráfego da época, muito inferior ao fluxo atual de veículos pesados. Após mais de quatro décadas de operação, a ponte sofreu colapso em 24 de dezembro de 2024, quando parte do tabuleiro e do vão central romperam abruptamente, interrompendo completamente o tráfego entre os dois estados.

O colapso da ponte do Estreito expôs de forma contundente a fragilidade do sistema de manutenção e de gestão de riscos de obras de arte especiais no Brasil. Relatórios do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (DNIT) já apontavam, desde 2020, que a estrutura apresentava condições precárias, com deterioração progressiva e necessidade urgente de intervenções. Um edital de manutenção havia sido lançado anteriormente, porém nenhuma empresa demonstrou interesse, atrasando ações essenciais de recuperação. Além disso, registros apontam que, poucos dias antes do colapso, em 12/12/2024, a ponte recebeu a passagem de um equipamento industrial de grande massa (relacionado ao setor de energia, possivelmente para geração ou transmissão), o que pode ter aumentado significativamente os esforços atuantes em um sistema estrutural já fragilizado. O rompimento teve início no vão central, conforme indicado pelo laudo da Polícia Federal do Brasil, resultado da combinação de deterioração acumulada, corrosão avançada e esforços concentrados acima da capacidade residual da estrutura.

Situações como essa reforçam a importância de inspeções sistemáticas, planejamento de manutenção preventiva e avaliação contínua da vida útil das estruturas, conforme preconizado pela ABNT NBR 9452 (ABNT, 2019). Essa norma estabelece diretrizes para a identificação de anomalias, classificação do estado de conservação e definição de prioridades de intervenção, constituindo um instrumento essencial para a gestão da segurança estrutural em obras de arte especiais.

A efetividade dessas práticas é ampliada quando alinhada a referenciais internacionais consolidados, como AASHTO MBE, FHWA NBIS e DMRB CS 450, os quais incorporam abordagens baseadas em risco e monitoramento contínuo, fortalecendo a capacidade de prevenção de falhas e colapsos estruturais. Em estruturas de grande porte, como pontes rodoviárias sobre rios de extensa largura, a aplicação adequada desses instrumentos é fundamental para garantir a segurança dos

usuários, a continuidade operacional e a mitigação dos efeitos associados ao envelhecimento dos materiais, ao aumento das cargas de tráfego e à ocorrência de eventos extremos.

Nesse contexto, a gestão de riscos estruturais, quando integrada às inspeções normativas, permite antecipar falhas potenciais, orientar decisões técnicas e subsidiar ações preventivas, contribuindo para evitar colapsos catastróficos como o observado na ponte JK. É importante destacar que eventos como o ocorrido na ponte JK não são exclusividade brasileira; falhas estruturais graves têm sido registradas em diversos países, mesmo aqueles com sistemas robustos de inspeção. Exemplos emblemáticos incluem o colapso da Ponte Morandi em Gênova (Itália, 2018), causado por falhas de manutenção e degradação de cabos; o colapso da I-35W em Minneapolis (EUA, 2007), relacionado à sobrecarga e fadiga; e o desabamento da ponte Nanfang'ao em Taiwan (2019), atribuído à corrosão severa. Esses casos reforçam que pontes são sistemas complexos, sujeitos a envelhecimento, aumento progressivo das cargas de tráfego e deficiências de manutenção — sendo necessário combinar reconhecimento precoce de anomalias com protocolos robustos de gestão do ciclo de vida. Nesse contexto, as normas internacionais de inspeção e manutenção de pontes, como AASHTO MBE, NBIS, DMRB CS 450, CSA S6, JSCE Part VI e outras, apresentam metodologias consolidadas que permitem monitorar a deterioração, priorizar intervenções e estabelecer níveis mínimos de segurança ao longo da vida útil da estrutura. Para efeito comparativo, a Tabela 1 apresentada a seguir reúne as principais normas nacionais e internacionais pertinentes à gestão, avaliação e inspeção de pontes, oferecendo um panorama integrado que fundamenta a análise crítica desenvolvida neste artigo.

Tabela 1. Normas Nacionais e Internacionais para Inspeção, Manutenção e Gestão de Pontes

Norma / Documento	País / Organização	Objetivo Principal	Tipos de Inspeção / Periodicidade	Pontos-Chave / Destaques Técnicos
NBR 9452 (ABNT,2019) Inspeção de Pontes, Viadutos e Passarelas de Concreto	Brasil – ABNT	Estabelece diretrizes para inspeções, classificação do estado de conservação e priorização de reparos.	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeção Cadastral • Inspeção Rotineira • Inspeção Especial Periodicidade: Rotineira anual; Especial conforme necessidade.	<ul style="list-style-type: none"> • Classificação de anomalias • Grau de risco e urgência • Exigência de equipe qualificada • Base para planos de manutenção.
AASHTO – Manual for Bridge Evaluation (MBE)	EUA – AASHTO	Documento técnico mais abrangente para inspeção, avaliação estrutural (load rating) e classificação de pontes.	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeção rotineira a cada 24 meses • Inspeções avançadas para fadiga, carga, fraturas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Load rating • Análise de capacidade residual • Modelos de deterioração • Técnicas de inspeção avançada (NDT).

NBIS – National Bridge Inspection Standards	EUA – FHWA	Norma federal obrigatória para inspeções de pontes no sistema rodoviário nacional.	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeção completa obrigatória a cada 24 meses • Pode ser menor em pontes críticas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Requisitos mínimos de formação de inspetores • Padrões de relatórios • Sistema nacional de cadastro (NBI).
ASCE – Guidelines for Bridge Maintenance and Management	EUA – ASCE	Diretrizes para gestão de manutenção, ciclo de vida e gestão de ativos.	Sem periodicidade definida; depende da estratégia de asset management.	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão baseada em risco • Priorização de intervenções • Modelos de custo do ciclo de vida (LCC).
EN – Eurocódigos (1990, 1991, 1992, 1993, 1998)	União Europeia – CEN	Normas para avaliação estrutural, ações de carga, durabilidade e segurança.	Usado em conjunto com diretrizes de inspeção nacionais (CEN/TC 345).	<ul style="list-style-type: none"> • Critérios de carregamento • Durabilidade e corrosão • Avaliação de estruturas existentes.
CEN/TC 345 – Inspection of Road Bridges	União Europeia	Norma europeia específica para inspeção de pontes rodoviárias.	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeção rotineira • Inspeção principal • Inspeção especial Periodicidade recomendada de 1–3 anos.	<ul style="list-style-type: none"> • Classificação padronizada de danos • Procedimentos detalhados de inspeção • Sistemas de pontuação de deterioração.
DMRB – CS 450 (Inspection of Highway Structures)	Reino Unido – Highways England	Diretriz extremamente completa para inspeção, monitoramento e manutenção de pontes e viadutos.	<ul style="list-style-type: none"> • Inspeção geral • Inspeção principal • Inspeções especiais (submersas, confinadas, drones). 	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimentos detalhados por elemento • Protocolos de segurança rigorosos • Sistema de notas de condição.
BD 79/13 – Management of Sub-Standard Highway Structures	Reino Unido	Diretriz para avaliação e tratamento de estruturas que não atendem mais aos requisitos normativos.	Não define periodicidade.	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de risco • Priorização de reforços • Estudos de viabilidade de substituição ou restrição de carga.
JSCE – Specifications for Highway Bridges (Part VI – Maintenance)	Japão – Sociedade Japonesa de Eng. Civil	Norma completa com foco em manutenção preventiva e pós-eventos extremos (sismos).	Inspeções rotineiras e especiais após terremotos, tufões ou eventos extremos.	<ul style="list-style-type: none"> • Foco em corrosão e durabilidade • SHM (monitoramento contínuo) • Melhores práticas pós-sismos.
KISTEC – Bridge Safety Inspection Manual	Coreia do Sul	Norma moderna que integra inspeção visual e monitoramento contínuo (SHM).	Inspeções periódicas e inspeção contínua com sensores.	<ul style="list-style-type: none"> • Forte uso de sensores • Inteligência artificial para diagnóstico • Matriz de risco avançada.
CSA S6 – Canadian Highway Bridge Design Code (Capítulo de Inspeção)	Canadá – CSA	Orienta inspeção e manutenção de pontes em ambientes severos (gelo, corrosão, de-icing).	Inspeções rotineiras e detalhadas conforme classificação da ponte.	<ul style="list-style-type: none"> • Foco em corrosão e ciclos de gelo/degelo • Critérios de carga pesada • Avaliação da vida útil remanescente.

Austroroads – Guide to Bridge Technology (Part 1-7)	Austrália / Nova Zelândia	Conjunto completo de diretrizes para projeto, avaliação, inspeção e manutenção.	Periodicidades variáveis conforme risco e classe da ponte.	• Gestão baseada em risco • Avaliação estrutural avançada • Reforço de pontes antigas.
--	---------------------------	---	--	--

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Apesar da relevância do tema, ainda há carência de estudos aplicados que integrem análise visual, interpretação estrutural e gestão de risco em colapsos reais de pontes, especialmente no contexto brasileiro.

Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é analisar o caso da Ponte do Estreito a partir de acervos públicos, registros oficiais, reportagens, documentos técnicos divulgados e materiais pessoais coletados pelo autor, buscando compreender as condições estruturais da ponte antes do colapso e os eventos de manutenção realizados ou planejados. A partir dessa análise, pretende-se identificar variáveis relevantes para a construção de uma matriz de risco aplicada à gestão de obras de arte especiais, contribuindo para o desenvolvimento de modelos preventivos e fornecendo lições fundamentais sobre a importância da inspeção, da manutenção contínua e da gestão eficiente de riscos estruturais em pontes de grande porte no Brasil.

2 METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo possui caráter qualitativo, descritivo e interpretativo, com enfoque na análise de risco aplicada a obras de arte especiais. O trabalho foi estruturado de forma a investigar, de maneira integrada, as condições estruturais da Ponte Juscelino Kubitschek antes do colapso, os mecanismos de degradação envolvidos e os fatores que contribuíram para a ruptura da estrutura.

O desenvolvimento da pesquisa seguiu uma abordagem sistematizada, conforme ilustrado no fluxograma metodológico apresentado na Figura 1, organizada em etapas interdependentes que permitiram a construção de uma interpretação técnica consistente do evento de colapso.

Inicialmente, foi realizado um levantamento de dados a partir de fontes secundárias, incluindo documentos técnicos, relatórios institucionais, registros jornalísticos e materiais visuais disponíveis publicamente. Foram analisadas imagens da ponte em diferentes momentos, contemplando registros anteriores ao colapso — como imagens de satélite e fotografias obtidas em campo — e registros posteriores à ruptura, possibilitando uma comparação direta entre as condições pré e pós-colapso.

Na etapa seguinte, procedeu-se à análise visual detalhada da estrutura, com o objetivo de identificar manifestações patológicas e indícios de degradação. Essa análise considerou aspectos como fissuração, infiltrações, destacamento de revestimento, possíveis sinais de corrosão das

armaduras e condições gerais de conservação dos elementos estruturais. A interpretação dessas evidências foi conduzida à luz de conceitos de durabilidade do concreto e comportamento estrutural, permitindo associar os danos observados a mecanismos típicos de deterioração em pontes de concreto armado expostas a ambientes agressivos.

Com base nessa leitura técnica das imagens, foi realizada a identificação dos principais perigos estruturais associados à ponte. Entre os fatores considerados, destacam-se a corrosão de armaduras, a deficiência nos sistemas de drenagem, o desgaste de aparelhos de apoio, a ausência de manutenção sistemática e a atuação de cargas superiores às previstas em projeto. Essa etapa foi fundamental para estabelecer uma relação direta entre os danos observados e os potenciais modos de falha da estrutura.

Na sequência, foi conduzida a avaliação qualitativa da probabilidade de ocorrência de falhas, considerando a extensão e a severidade das patologias identificadas, o histórico de degradação da estrutura e a ausência de intervenções corretivas compatíveis com o seu estado de conservação. Paralelamente, foi realizada a análise das consequências potenciais associadas à materialização desses perigos, levando em conta aspectos estruturais, operacionais, sociais e econômicos.

A partir da combinação sistemática entre probabilidade e consequência, foi elaborada uma matriz de risco, apresentada na Tabela 2, utilizada como ferramenta central para a classificação da criticidade dos diferentes cenários analisados. Essa abordagem permitiu hierarquizar os riscos e identificar quais condições demandariam ações imediatas, como restrição de tráfego, reforço estrutural ou interdição preventiva da ponte.

Tabela 2. Matriz de Classificação de Risco

Probabilidade X Consequência	Baixa (1)	Moderada (2)	Alta (3)	Catastrófica (4)
Muito Baixa (1)	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado
Baixa (2)	Baixo	Moderado	Moderado	Alto
Moderada (3)	Moderado	Moderado	Alto	Extremo
Alta (4)	Moderado	Alto	Extremo	Extremo
Muito Alta (5)	Alto	Extremo	Extremo	Extremo

Fonte: Adaptada de metodologias internacionais de gestão de risco (AASHTO, FHWA, CHBDC).

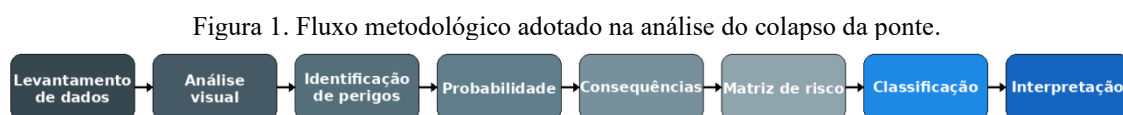
Por fim, os resultados obtidos na matriz de risco foram integrados à análise das evidências visuais e ao comportamento observado após o colapso, possibilitando uma interpretação global do fenômeno. Essa etapa permitiu compreender a interação entre degradação estrutural, aumento das solicitações e falhas na gestão de manutenção, evidenciando que o colapso resultou de um processo progressivo e não de um evento isolado.

Dessa forma, a metodologia adotada não se limita à descrição do caso estudado, mas propõe

uma abordagem aplicável à avaliação de outras obras de arte especiais, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias preventivas baseadas em risco e para o aprimoramento das práticas de inspeção, manutenção e gestão estrutural no contexto da engenharia de infraestrutura.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise integrada dos registros visuais e documentais da Ponte Juscelino Kubitschek evidenciou um quadro consistente de degradação estrutural progressiva, associado a falhas no sistema de manutenção e à ausência de intervenções compatíveis com o nível de criticidade da estrutura. A aplicação do fluxo metodológico apresentado na Figura 1 permitiu sistematizar a identificação dos principais mecanismos de deterioração, sua evolução ao longo do tempo e sua relação com o colapso observado.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Os resultados obtidos indicam que o colapso não pode ser interpretado como um evento isolado, mas sim como consequência de um processo acumulativo de perda de capacidade resistente, agravado por ações externas e pela ausência de gestão de risco eficaz.

3.1 CONDIÇÕES GERAIS DA ESTRUTURA ANTES DO COLAPSO

A Figura 2 apresenta uma vista geral da ponte antes do colapso, evidenciando um sistema estrutural típico de vigas contínuas em concreto armado, com múltiplos vãos e apoio intermediário em pilares. A ausência de sinais visíveis de manutenção recente, como reparos localizados, recuperação de concreto ou proteção de armaduras, sugere um histórico de degradação progressiva não tratado de forma adequada.

Figura 2. Vista geral da ponte antes do colapso.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Do ponto de vista da engenharia estrutural, estruturas com mais de quatro décadas de serviço, expostas a ambientes fluviais, estão sujeitas a mecanismos de deterioração como carbonatação do concreto, penetração de cloretos e corrosão das armaduras. Esses fenômenos resultam na redução da seção transversal resistente e na perda de aderência aço-concreto, comprometendo diretamente a capacidade resistente e a ductilidade dos elementos estruturais.

A Figura 3 evidencia danos localizados mais severos, com manifestações típicas de degradação avançada, incluindo destacamento de cobrimento, exposição de armaduras e possível perda de seção. Tais patologias são indicativas de corrosão ativa, processo que gera expansão volumétrica dos produtos de corrosão, induzindo fissuração e destacamento do concreto.

Figura 3. Detalhe de danos estruturais.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Complementarmente, a Figura 4 mostra fissuras no vão central, que assumem papel crítico na interpretação do comportamento estrutural. Fissuras em regiões de momento fletor elevado podem indicar não apenas estados limites de serviço, mas também a proximidade de estados limites últimos, especialmente quando associadas à degradação dos materiais. A presença dessas fissuras no vão

principal sugere concentração de esforços em uma região já fragilizada, caracterizando um ponto potencial de iniciação de falha.

Figura 4. Fissura no vão central.



Fonte: DNIT (2024).

Além disso, a presença de infiltrações observadas nas imagens indica deficiência no sistema de drenagem da ponte, o que contribui para a aceleração dos processos de deterioração. A água atua como agente de transporte de íons agressivos e favorece ciclos de molhagem e secagem, intensificando a corrosão das armaduras e reduzindo a durabilidade da estrutura.

3.2 CONDIÇÕES PÓS-COLAPSO

As evidências observadas após o colapso, apresentadas nas Figuras 5 e 6, demonstram a ruptura abrupta do vão central, com separação significativa do tabuleiro e queda parcial da estrutura. A análise dessas imagens permite inferir que o colapso teve início em uma região crítica previamente comprometida, evoluindo rapidamente para um colapso global.

Figura 5. Ruptura do vão central da ponte.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Figura 6. Vista aérea do colapso.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

A geometria da ruptura sugere um mecanismo associado à perda localizada de capacidade resistente, possivelmente em uma seção crítica submetida a elevados momentos fletores e esforços cortantes. Em estruturas hiperestáticas, como vigas contínuas, a redistribuição de esforços pode retardar o colapso; entretanto, quando há degradação significativa, essa capacidade redistributiva é severamente reduzida.

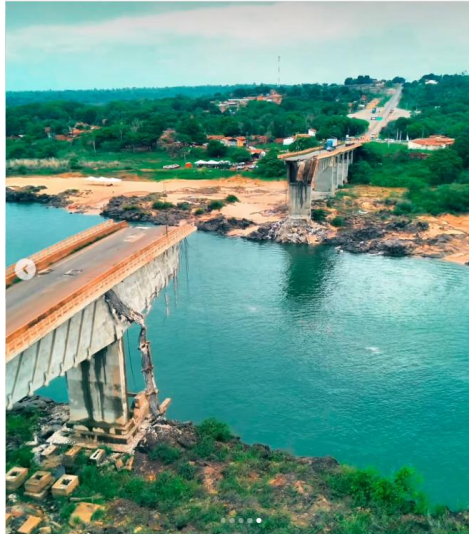
Observa-se ainda que os elementos remanescentes apresentam características de ruptura relativamente frágil, com ausência de grandes deformações visíveis antes do colapso. Esse comportamento é característico de estruturas degradadas, nas quais a perda de ductilidade impede a formação de mecanismos de aviso prévio, resultando em colapsos súbitos.

A análise global indica que o colapso seguiu uma sequência típica de falha progressiva, iniciando-se em uma região crítica (vão central) e propagando-se para os demais elementos estruturais devido à incapacidade de redistribuição de esforços.

3.3 INFLUÊNCIA DAS CARGAS E DO TRÁFEGO

A Figura 7 evidencia a circulação de veículos pesados sobre a ponte, incluindo caminhões de grande porte. Esse aspecto é particularmente relevante, uma vez que pontes projetadas na década de 1970 foram dimensionadas para níveis de carregamento significativamente inferiores aos observados atualmente.

Figura 7. Tráfego de veículos pesados sobre a ponte.



Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

O aumento do volume de tráfego e das cargas por eixo ao longo das últimas décadas implica em um incremento substancial das solicitações estruturais, especialmente em termos de momentos fletores, esforços cortantes e efeitos de fadiga. A ausência de controle efetivo de cargas, aliada à inexistência de sistemas de monitoramento estrutural, contribui para a operação da estrutura além de sua capacidade projetada.

Adicionalmente, a passagem de cargas excepcionais poucos dias antes do colapso pode ter atuado como fator desencadeante. Em estruturas já comprometidas, a aplicação de esforços adicionais pode levar ao esgotamento da capacidade resistente residual, especialmente em regiões críticas previamente degradadas.

Do ponto de vista da mecânica estrutural, esse cenário caracteriza um estado próximo ao colapso, no qual pequenas variações nas solicitações podem resultar em falhas catastróficas.

3.4 INTERPRETAÇÃO INTEGRADA E ANÁLISE DE RISCO

A integração das evidências obtidas permite concluir que o colapso da ponte resultou da combinação de múltiplos fatores, atuando de forma simultânea e cumulativa:

- deterioração avançada dos materiais (corrosão e fissuração);
- redução da seção resistente;
- aumento progressivo das cargas de serviço;
- ausência de manutenção preventiva e corretiva;
- aplicação de carregamentos excepcionais;
- deficiência na gestão de risco estrutural.

A aplicação da matriz de risco apresentada na Tabela 3 evidencia que os principais perigos identificados se enquadram em níveis de risco elevados (alto e extremo), indicando a necessidade de intervenções imediatas, como restrição de tráfego, reforço estrutural ou interdição preventiva.

Tabela 3. Aplicação da Matriz ao Estudo de Caso

Perigo Identificado	Probabilidade	Consequência	Nível de Risco
Corrosão de armaduras	Alta	Alta	Extremo
Infiltrações e drenagem	Moderada	Alta	Alto
Desgaste de apoios	Alta	Catastrófica	Extremo
Sobrecarga recente	Moderada	Catastrófica	Extremo
Falta de manutenção	Muito Alta	Alta	Extremo

Fonte: Elaborada pelos próprios autores.

Sob a perspectiva da gestão de ativos, os resultados demonstram que a estrutura já se encontrava em condição crítica antes do colapso, sendo possível identificar, por meio de inspeções adequadas, sinais claros de deterioração e risco iminente. A ausência de ações corretivas compatíveis com esse nível de criticidade evidencia falhas no processo de tomada de decisão e na priorização de intervenções.

5 CONCLUSÃO

O colapso da Ponte Juscelino Kubitschek evidencia, de forma clara e contundente, a importância da gestão de risco em obras de arte especiais, especialmente em estruturas que já ultrapassaram décadas de operação e passaram a operar sob condições muito diferentes daquelas previstas em projeto. A análise realizada neste estudo, baseada em registros visuais, documentos técnicos e evidências do pós-colapso, mostrou que a estrutura apresentava sinais evidentes de deterioração, os quais indicavam um cenário de risco elevado e que poderiam ter sido identificados e tratados previamente.

Os resultados indicam que o colapso não foi um evento inesperado ou isolado, mas sim a consequência de um processo gradual de degradação. A combinação de corrosão das armaduras, fissuração do concreto, perda de seção resistente e envelhecimento estrutural contribuiu para a redução progressiva da capacidade da ponte. Esse quadro foi intensificado pela ausência de manutenção adequada, pela exposição contínua a um ambiente agressivo e pelo aumento significativo das cargas de tráfego ao longo do tempo.

Nesse contexto, a passagem de cargas excepcionais em uma estrutura já fragilizada atuou como um fator decisivo para o colapso, elevando as solicitações além da capacidade resistente remanescente. Esse aspecto reforça a necessidade de controle rigoroso de cargas e de avaliações

periódicas da capacidade estrutural, especialmente em pontes antigas, conforme recomendado por normas e diretrizes internacionais.

A aplicação da matriz de risco permitiu evidenciar que os principais problemas identificados se enquadravam em níveis de risco elevados, o que, do ponto de vista da engenharia, demandaria ações imediatas. Medidas como restrição de tráfego, reforço estrutural ou até mesmo a interdição preventiva poderiam ter evitado o desfecho observado. Nesse sentido, o estudo reforça que a ausência de uma abordagem sistemática baseada em risco compromete diretamente a tomada de decisão e aumenta a probabilidade de falhas catastróficas.

Do ponto de vista científico, este trabalho demonstra que a combinação entre análise visual, interpretação técnica e ferramentas de gestão de risco pode ser uma estratégia eficiente para avaliação preliminar da segurança de pontes, especialmente quando há limitação de dados. Além disso, destaca a importância de integrar as diretrizes normativas nacionais com práticas internacionais mais consolidadas, fortalecendo a gestão de ativos de infraestrutura.

Em termos práticos, os resultados apontam para a necessidade urgente de modernização dos sistemas de monitoramento e gestão de pontes no Brasil. O uso de sensores, sistemas de monitoramento estrutural e ferramentas baseadas em dados pode contribuir significativamente para a identificação precoce de problemas e para a tomada de decisões mais seguras e eficientes.

Entretanto, é importante destacar que este estudo apresenta algumas limitações. A análise foi baseada principalmente em dados secundários, imagens e documentos públicos, não sendo possível a realização de inspeções detalhadas em campo ou ensaios experimentais. Além disso, a abordagem adotada possui caráter qualitativo, o que pode introduzir certo grau de subjetividade na avaliação dos níveis de risco. Assim, embora os resultados sejam coerentes com as evidências disponíveis, recomenda-se cautela na generalização das conclusões, sendo desejável a realização de estudos futuros com análises quantitativas e modelagens mais aprofundadas.

Por fim, o caso da Ponte Juscelino Kubitschek deixa uma mensagem importante para a engenharia de infraestrutura: estruturas não falham apenas por erros de projeto, mas, principalmente, pela ausência de manutenção, monitoramento e gestão adequada ao longo do tempo. Evitar novos colapsos passa, necessariamente, por uma mudança de postura, com maior investimento em prevenção, inspeção contínua e tomada de decisão baseada em critérios técnicos bem fundamentados.

REFERÊNCIAS

AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS (AASHTO). Manual for Bridge Evaluation (MBE). 3. ed. Washington, D.C., 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 9452: Inspeção de pontes, viadutos e passarelas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2019.

CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION (CSA). CSA S6: Canadian Highway Bridge Design Code. Toronto, 2019.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Relatórios técnicos e informações públicas sobre as condições da Ponte Juscelino Kubitschek e sua manutenção. Brasília, 2024.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). Eurocodes: Basis of structural design (EN 1990). Brussels, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION (CEN). Inspection of Road Bridges – CEN/TC 345. Brussels, 2010.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). National Bridge Inspection Standards (NBIS). Washington, D.C., 2022.

HIGHWAYS ENGLAND. DMRB CS 450: Inspection of Highway Structures. London, 2020.

JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (JSCE). Standard Specifications for Concrete Structures – Maintenance. Tokyo, 2018.