



## 26° Encontro Nacional de Conservação Rodoviária (ENACOR) 49ª Reunião Anual de Pavimentação (RAPV)

### GESTÃO DE ATIVOS RODOVIÁRIOS ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DATA-DRIVEN E BIM

*Bruna Cristina Beltrão Silva Beleigoli<sup>1,3</sup>; Marcelo Franco Porto<sup>2</sup>; Flaviane Beltrão Silva<sup>1,3</sup>  
Matheus Guimarães Novais<sup>1,3</sup>*

#### RESUMO

O tema abrange a convergência entre a Gestão de Ativos Rodoviários, a Modelagem da Informação Rodoviária (*BIM*) e a abordagem *Data-Driven*. Visto que a gestão de ativos é baseada em uma análise interdisciplinar de dados rodoviários correlacionados, o objetivo deste trabalho é a integração de dados estruturados e multidisciplinares para produzir uma representação de um recurso em todo seu ciclo de vida, como base da transformação digital. Ao adotar uma abordagem *Data-Driven - BIM*, visamos otimizar a manutenção, a alocação de recursos e o planejamento estratégico. Essa sinergia vem possibilitando a gerência de Gestão de Ativos Rodoviários do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER-MG, trabalhar com uma visão holística do cenário dos ativos rodoviários. A combinação de informações provenientes de diversas fontes, tratadas, modeladas e estruturadas, em uma representação unificada integrada ao banco de dados, proporciona uma visão abrangente e precisa dos ativos rodoviários. Gerir os dados adequadamente é fundamental para prever e mitigar potenciais problemas, impulsionar tecnologias, incluindo aquelas relacionadas à segurança rodoviária, e informar decisões para atender às necessidades do futuro. Este modelo, focado especificamente na gestão de informações dos ativos rodoviários, traz inovação no processamento e análise de dados das rodovias estaduais do DER-MG.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gestão de ativos rodoviários; *Data-Driven*; *BIM*; Tomada de decisão; Inovação.

#### ABSTRACT

The topic covers the convergence between Road Asset Management, Road Building Information Modeling (*BIM*) and the *Data-Driven* approach. Since asset management is based on an interdisciplinary analysis of correlated road data, the objective of this work is the integration of structured and multidisciplinary data to produce a representation of an asset throughout its lifecycle, as a basis for digital transformation. By adopting a *Data-Driven - BIM* approach, we aim to optimize maintenance, resource allocation and strategic planning. This synergy has enabled the Asset Management Road of the Department of Highways of the State of Minas Gerais - DER-MG, to work with a holistic view of the road asset scenario. The combination of information from different sources, treated, modeled and structured, in a unified representation integrated into the database, provides a comprehensive and accurate view of road assets. Managing data properly is essential to predicting and mitigating potential problems, leveraging technologies, including those related to road safety, and informing decisions to meet the needs of the future. This model, specifically focused on information management of road assets, brings innovation in the processing and analysis of data from DER-MG state highways.

**KEY WORDS:** Management of road assets; *Data-Driven*; *BIM*; Decision making; Innovation.

<sup>1</sup> Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais - DER-MG, e-mail: [bruna.beleigoli@der.mg.gov.br](mailto:bruna.beleigoli@der.mg.gov.br); [flaviane.beltrao@der.mg.gov.br](mailto:flaviane.beltrao@der.mg.gov.br); [matheus.novais@der.mg.gov.br](mailto:matheus.novais@der.mg.gov.br) .

<sup>2</sup> Coordenador do Programa de Mestrado em Infraestrutura de Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, e-mail: [marceloport@ufmg.br](mailto:marceloport@ufmg.br).

<sup>3</sup> Mestrando em Infraestrutura de Transportes, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, e-mail: [brunabeltrao@ufmg.br](mailto:brunabeltrao@ufmg.br); [flavianebeltrao@ufmg.br](mailto:flavianebeltrao@ufmg.br); [matheusnovais@ufmg.br](mailto:matheusnovais@ufmg.br)



## INTRODUÇÃO

O modo de transporte rodoviário tem papel de destaque no modelo brasileiro de desenvolvimento econômico (Fleury et al., 2000). Este é um modal indispensável para a economia e o desenvolvimento da infraestrutura rodoviária. Desempenha um papel fundamental na segurança, eficiência e sustentabilidade das redes de transporte. Diaz-Sarachaga et al. (2017), afirmam que a influência do setor de transportes torna-se ainda mais relevante para economias emergentes que buscam investimentos significativos na expansão e manutenção de sua infraestrutura de transportes, como é o caso do Brasil.

Elementos físicos e infra-estruturas que compõem a via, como o próprio pavimento, sinalização, obras de arte especiais, são o que chamamos de Ativos Rodoviários. Esses ativos estão sujeitos a desgaste, deterioração e redução progressiva da vida útil ao longo do tempo, exigindo uma gestão cuidadosa para garantir sua funcionalidade e durabilidade.

Uma gestão eficaz de ativos rodoviários envolve a coleta e análise de dados sobre o estado das condições, a realização de manutenção preventiva e corretiva, o planejamento de investimentos e a implementação de medidas para garantir a segurança dos usuários.

Esse trabalho abrange a interação entre gestão de ativos rodoviários, modelagem de informação *BIM* e a abordagem *Data-Driven*, que se baseia na coleta, análise e utilização de dados para apoiar decisões estratégicas. Se propõe a investigar como a integração da metodologia *BIM* com uma abordagem *Data-Driven* pode contribuir para superar esses desafios e melhorar a eficiência e eficácia da gestão de ativos rodoviários.

## Conceitos Fundamentais e Definições

Segundo as normas NBR ISO 55.000, 55.001 e 55.002, ativo é um item, algo ou entidade que tem valor real ou potencial para uma organização. Este valor pode ser tangível ou intangível, financeiro ou não financeiro, e inclui a consideração de riscos e passivos. Ele pode ser positivo ou negativo, em diferentes estágios da vida do ativo.

A Gestão de Ativos consiste em boas práticas que visam proporcionar um enquadramento para o estabelecimento de políticas, governança e processos que permitam a organização ir ao encontro dos seus objetivos estratégicos.

O Manual Internacional de Gerenciamento de Infraestrutura (IIMM) define Gerenciamento de Ativos como: “A combinação de práticas de gestão, financeiras, econômicas, de engenharia e outras práticas aplicadas a ativos físicos com o objetivo de fornecer o nível de serviço exigido da maneira mais econômica.

A Gestão de Ativos DER-MG tem como ponto de partida a reestruturação do Sistema de Gerência de Pavimentos - SGP, que se define como a interação mútua de um conjunto de eixos temáticos para planejamento, projeto, construção e manutenção dos pavimentos e demais elementos da malha rodoviária. Possui as seguintes diretrizes estratégicas: reunir os dados da instituição com o objetivo de dar publicidade a essas informações como preconizam os princípios da administração pública, prezar pela eficiência dos investimentos públicos disponíveis; buscar um transporte rodoviário seguro, compatível e econômico; buscar alternativas para aumento da eficiência da logística de



transportes; e adotar parcerias com a sociedade civil que contribuam para consecução de seus objetivos. (*Portaria DER-MG nº 3955/2022*).

Building Information Modeling (*BIM*) que em português significa Modelagem da Informação da Construção, surgiu em meados da década de 1970, a partir da publicação de um artigo científico escrito por *Eastman et al.* (1974). É uma metodologia que envolve um processo holístico de criação e uso de modelos digitais inteligentes para planejar, projetar, construir e gerenciar infraestruturas físicas. *Eastman* define *BIM* como “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para criar, comunicar e analisar modelos de construção.

No contexto rodoviário, o *BIM* pode ser aplicado para criar modelos detalhados que representam com precisão a geometria, materiais e componentes das estradas e estruturas associadas. Esses modelos podem ser enriquecidos com informações adicionais, como dados de desempenho, custos e cronogramas de manutenção.

A abordagem *Data-Driven*, também conhecida como *Data-Driven Decision Making* (*DDDM*) é uma prática de coleta e análise e utilização de dados para apoiar as decisões, permitindo uma análise mais objetiva e baseada em evidências.

Na literatura não há um consenso sobre um processo específico a seguir para a abordagem *DDDM*, embora muitos autores a abordem sob a ótica dos dados, entende-se que ela diz respeito ao contexto da gestão estratégica.

Para Berndtsson (2018), Ghandi, Bathia e Dev (2021) e Kumar (2021), as principais características de uma abordagem disciplinada e orientada por dados para a tomada de decisão pressupõe a utilização de *KPIs* (*Key Performance Indicators* ou Indicadores-Chave de Desempenho) alinhados às estratégias, orientando a lógica das tomadas de decisão, permitindo assim aprender com os erros, analisar os resultados de más e boas decisões, gerando melhoria dos loops de aprendizagem organizacional.

O oposto de um processo orientado por dados é a tomada de decisões baseadas unicamente na intuição.







## METODOLOGIA

Este estudo de caso adotou uma abordagem mista com a combinação de métodos quantitativos e qualitativos para experienciar a integração *BIM* com a abordagem *Data-Driven* na gestão de ativos rodoviários.

A pesquisa foi dividida em três fases principais:

- 1 - Coleta e preparação/transformação dos dados
- 2 - Modelagem e análise dos dados e
- 3 - Avaliação e visualização dos resultados.

1 - Coleta e preparação/transformação dos dados:

Os dados rodoviários, por serem multidisciplinares, têm origem de diversas fontes. A mais robusta delas, é oriunda da campanha de Cadastro Geral das Rodovias, ocorrida entre os anos de 2022 e 2023, em toda extensão da malha rodoviária estadual de Minas Gerais. Foram produzidos através de veículos com câmeras de filmagem acopladas, dispoendo de sistema de georreferenciamento integrado, além de veículos com sensores a laser. Os levantamentos foram obtidos em ambos os sentidos das rodovias (crescente e decrescente), sumarizados pela média desses dados. Outras fontes como contagens de tráfego, registros de manutenção e inspeção de rodovias, também foram integrados.



Figura 3- Coleta de dados de tráfego (OS AUTORES, 2021)



Figura 4 – Exemplo de veículo utilizado para coleta de dados de pavimento (STRATA ENGENHARIA, 2021)

Os dados pré-processados, foram modelados e inseridos em um banco de dados relacional. O sistema gerenciador de banco de dados utilizado foi o *PostgreSQL*, por ser um projeto de código aberto (*Open Source*). Principalmente para o meio governamental, faz-se vantajosa essa escolha, por ser uma alternativa de menor custo. Hoje, o *PostgreSQL* é tido como um dos mais avançados na sua categoria, contando com recursos como integridade transacional, controle de concorrência multiversão, *triggers* (gatilhos) e estrutura para guardar e tratar dados georreferenciados a partir da extensão espacial *PostGIS*.

## 2 - Modelagem e análise dos dados:

Pela fase anterior identificou-se os objetivos e requisitos do projeto, bem como os dados necessários para alimentar o modelo. Além disso, foram estabelecidos os protocolos para armazenamento e processamento dos dados, pois direcionam a modelagem.

A principal referência para a modelagem, foi o código denominado Sistema Rodoviário Estadual - SRE, que foi tratado como o “CPF” da rodovia, onde toda a informação está relacionada, incluindo registro de caráter histórico, dados geoespaciais, sobre a localização e extensão das rodovias ao longo do tempo, registros de atividades de manutenção realizadas, dados de contagem volumétrica e classificatória do tráfego.

A partir da agregação dos resultados por SRE, para análise dos dados e implementação da abordagem *Data-Driven*, foram utilizadas ferramentas de análise estatística, como *R* e *Python*, além de softwares de visualização de dados, como o *Power BI*. Assim, possibilitou-se as correlações previstas para cada levantamento com a validação do modelo computacional.



### 3 - Avaliação dos resultados e recomendações para implementação prática:

Os resultados obtidos foram avaliados em relação aos objetivos do projeto, e foram propostas recomendações para implementação prática da abordagem *Data-Driven* na gestão de ativos rodoviários, destacando os benefícios e desafios associados.

## RESULTADOS

A combinação eficiente de informações modeladas (*BIM*) e dados de campo, resultou em uma representação unificada e precisa dos ativos rodoviários e os dados coletados de diversas fontes integradas ao banco, proporcionaram uma visão abrangente e precisa dos ativos rodoviários.

A figura 5 apresenta a visão unificada e geoespacializada a partir de uma das telas do sistema e os KPI's de gestão do cadastro das obras de arte especiais do Estado de Minas Gerais.

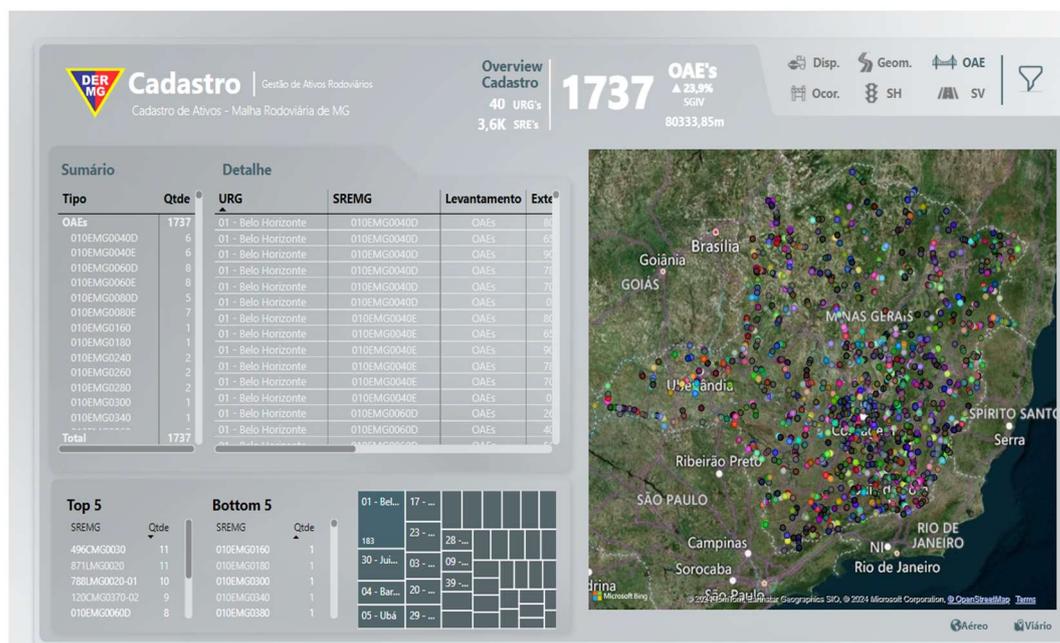


Figura 5 - Sistema, *Dashboard* e *KPI* - representação unificada das OAE's do DER-MG (OS AUTORES, 2024)

A integração do *BIM* com a abordagem *Data-Driven* oferece uma abordagem abrangente para a gestão de ativos rodoviários, onde os modelos *BIM* se tornam a base para a coleta e análise de dados. Isso não apenas facilita a compreensão da condição dos ativos rodoviários, mas também permite a implementação de estratégias voltadas para a preservação e extensão de sua vida útil, ao mesmo tempo em que otimiza os processos de gestão.

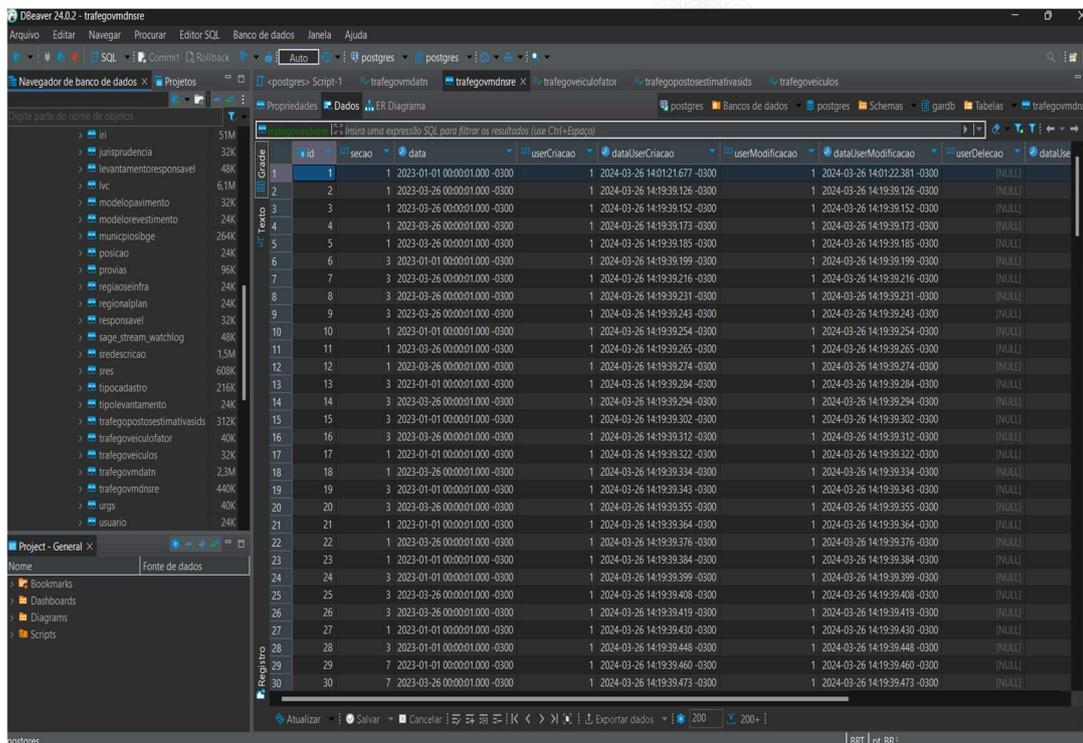


Figura 6 - Estruturação dos dados em Banco PostgreSQL, integração *Data-Driven* (OS AUTORES, 2023)

### Status Report dos Ativos Rodoviários

Apresenta-se a seguir os principais números da campanha de cadastro geral das rodovias e reestruturação do sistema de gestão de pavimentos 2022/2023.

Tabela 1. Extensão da malha rodoviária DER-MG 2022/2023 (OS AUTORES, 2024)

TIPO RODOVIA	Extensão (km)	%
Pavimentada	22.601	80,3
Não Pavimentada	5.543	19,7
<b>Total</b>	<b>28.144</b>	<b>100%</b>

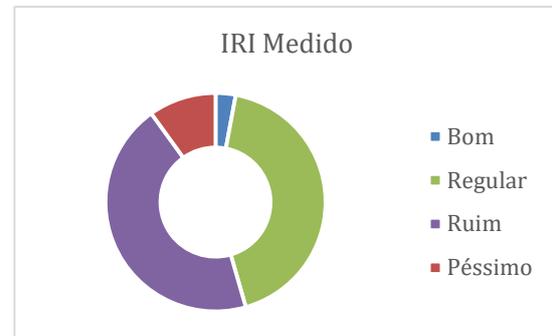
Tabela 2. Estado Geral das Rodovias Pavimentadas 2022/2023 (OS AUTORES, 2024)

IRI médio	4 REGULAR
ICPF	2,1 REGULAR
IGGE	35
IES	C REGULAR



IRI Medido	(%) * Rodovias Pavimentadas
Bom	3%
Regular	43%
Ruim	45%
Péssimo	10%
Total Avaliado	100%

\*Pavimentadas



IES – Índice do Estado da Superfície do Pavimento	(%) * Rodovias Pavimentadas
Bom	15%
Regular	48%
Ruim	30%
Péssimo	8%
Total Avaliado	100%

\*Pavimentadas

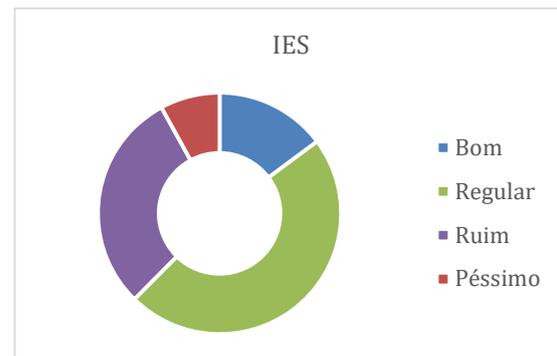


Figura 7 - Status Report Gestão de Ativos Rodoviários DER-MG – 2022/2023 (OS AUTORES, 2024)

Além disso, foram conduzidas simulações de cenários para avaliar o impacto de diferentes estratégias de gestão de ativos. Essas etapas foram essenciais para demonstrar como a integração de *BIM* e abordagem *Data-Driven* pode ser implementada na prática para melhorar a gestão de ativos rodoviários, proporcionando uma visão holística e baseada em dados do estado e desempenho das estradas e infraestruturas associadas.

## CONCLUSÃO

Esse trabalho demonstrou como os dados relativos aos ativos rodoviários estão sendo modelados e manipulados na Gerência de Ativos Rodoviários do DER-MG, ao mesmo tempo em que apresentou a base dos padrões ISO 55.000, 55.001 e 55.002. Embora esses padrões sejam completos e bem construídos, a intenção foi fornecer uma visão geral concisa para pesquisadores que desejam conhecer este tópico.

A integração de dados de diferentes fontes, como de comportamento do tráfego, estado de condição do pavimento, histórico de intervenções vem possibilitando ao DER-MG ter um panorama das condições das rodovias e sua operação. Isso ajudará a garantir que as decisões de gestão sejam sustentáveis a longo prazo, e alinhadas às necessidades atuais e futuras.



Cabe informar que malha rodoviária do estado atualmente está recebendo intervenções do programa Provias, com obras de recuperação funcional, pavimentação e construção de pontes, e o cenário apresentado nesta pesquisa configura o recorte do diagnóstico dos anos 2022/23. Dito isto, ressalta que alguns trechos passaram por intervenções de melhorias do Provias, onde serão avaliados na próxima campanha.

Este modelo, focado especificamente na gestão de informações dos ativos rodoviários, traz inovação no processamento e análise de dados das rodovias estaduais do DER-MG. Por isto, pode contribuir com a gestão pública de forma clara e fornecer informações simplificadas aos tomadores de decisão. Como as pessoas, diferentes sistemas de software devem trabalhar juntos em processo colaborativo. Embora cada tecnologia possa ter um propósito ou benefício único, isso não é muito relevante se as informações não forem compartilhadas e integradas por meio de plataformas ou sistemas.

É importante continuar monitorando e avaliando o desempenho das estratégias implementadas, buscando constantemente oportunidades de melhoria e inovação.

Gerir os dados adequadamente tem impulsionado o uso de novos processos e tecnologias, incluindo processos de modelagem *BIM*, *machine learning* e inteligência artificial, entre outros, que desempenham um papel inovador no processo da gestão dos ativos rodoviários.

Apesar dos avanços na tecnologia, muitas organizações enfrentam desafios na gestão eficaz de suas infraestruturas rodoviárias. A falta de dados precisos e atualizados, a complexidade dos sistemas de infraestrutura e a necessidade de priorizar investimentos são apenas alguns dos problemas enfrentados pelos gestores de ativos rodoviários.

## AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

## ACKNOWLEDGMENT

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig).

## REFERÊNCIAS

ABNT. ABNT NBR ISO 55000, Gestão de ativos - Visão geral, princípios e terminologia. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2014a.

ABNT. ABNT NBR ISO 55001, Gestão de ativos - Sistemas de gestão - Requisitos. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2014b.

ABNT. ABNT NBR ISO 9001, Sistemas de gestão da qualidade - Requisitos. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2015a.

ABNT. ABNT NBR ISO 19650-1, Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção - Parte 1: Conceitos e princípios.



ABNT. ABNT NBR ISO 19650-2, Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção - Parte 2: Fase de entrega de ativos.

ASIAN DEVELOPMENT BANK - Compendium of best practices in road asset management – 2018

AZEVEDO, C. AZEVEDO - Asset Management Insights: Phases, Practices, and Value – 2019

BERNDTSSON, M; FORSBERG, D.; Stein, D.; Svahn, T.; Becoming A Data-Driven Organisation <https://www.researchgate.net/publication/328233575> - 2018

Compendium of best practices in road asset management – 2018 2018 Asian Development Bank

CAMPOS, M. A. L.; MÁRQUEZ, A. C. A Maintenance Management Framework Based on PAS 55. In: Advanced Maintenance Modelling for Asset Management. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 17–41.

CÔRTEZ, J; Mizrahy, A; LAZOR, R; RESENDE, P; PEREIRA, R; - Modelagem BIM para desenvolvimento de gêmeo digital visando a segurança e manutenção de barragens em operação - xxxiv Seminário Nacional de Grandes Barragens – 2023

DA SILVA, R. F.; DE SOUZA, G. F. M. Mapping the Literature on Asset Management: A Bibliometric Analysis. Journal of Scientometric Research, v. 10, n. 1, p. 27–36, 8 maio 2021.

DIAZ-SARACHAGA, J. M; GARCÍA P, C.; GONZÁLEZ M, M.; Assessment of the governance dimension in the frame of the 2030 agenda: Evidence from 100 Spanish cities. Sustainability, v. 13, n. 10, p. 5519, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13105519>

EASTMAN, C. M.; Through the looking glass: why no wonderland. Computer applications to architecture in the USA. Computer-Aided Design, 6(3), 119-124. doi:10.1016/0010-4485(74)90042-6 – 1974

FLEURY, P.F; WANKE, P; FIGUEIREDO, K.F; Logística empresarial: A Perspectiva Brasileira – São Paulo – Atlas – 2000

GANDHI, P.; BATHIA, S.; DEV, K. Data driven decision making using analytics. Boca Raton: CRC, 2021.

HAAS, R.; HUDSON, W. R. ZANIEWSKI, J.; Modern Pavement Management. Krieger Publishing Company. Malabar, Florida/USA - 1994

HARTMANN, A., & DEWULF, G.; Contradictions in infrastructure management – The introduction of performance-based contracts at the Dutch highways and waterways agency. 2nd International Conference on Infrastructure Systems and Services: Developing 21st Century Infrastructure Networks, INFRA - 2009

KEADY, R. A. KEADY- Equipment Inventories for Owners and Facility Managers: Standards, Strategies and Best Practices - 2013

KHAN, U.A; CHEN Y; JIN R; SEIDU, R; DUC, H; Infrastructure Model Development to Enhance Resilience Against Future Changes Using InfraWorks & GIS – ICSCEA- 2023

KUMAR, U. D. Business analytics: The science of data-driven decision making. 2 nd. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2021.



- MULLARKEY, M. HEVNE, A; An elaborated action design research process model - *European Journal of Information Systems* 2019, vol. 28, no. 1, 6–20
- NORDAL, H.; EL-THALJI, I. Modeling a predictive maintenance management architecture to meet industry 4.0 requirements: A case study. *Systems Engineering*, v. 24, n. 1, p. 34–50, 24 jan. 2021.
- OSICHENKO D, SPIELHOFER R; Future Challenges for the Road Asset Management <https://doi.org/10.5592/CO/cetra.2018.708> - 5th International Conference on Road and Rail Infrastructure – CETRA 2018
- PAN, Y; ZHANG, L; Integrating BIM and AI for Smart Construction Management: Current Status and Future Directions - *Archives of Computational Methods in Engineering* (2023) 30:1081–1110
- PARK, S.; PARK, S. I.; LEE, S.-H. Strategy on sustainable infrastructure asset management: Focus on Korea's future policy directivity. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 62, p. 710–722, set. 2016
- R. A. KEADY; *Equipment Inventories for Owners and Facility Managers: Standards, Strategies and Best Practices* – 2013
- STRATA ENGENHARIA; <https://www.strata.com.br/> - dezembro 2021
- SENÇO, W.; *Manual de técnicas de pavimentação. Volume 1. 1.ed.* São Paulo: PINI - 2008
- UDDIN, W UDDIN, W. RONALD HUDSON, RALPH C.G. HAAS - *Public Infrastructure Asset Management, Second Edition* – 2013
- WU,C; WU, WU, P; . WU, WANG ,J.; WANG, JIANG , R;. JIANG, CHEN, M.; CHEN, WANG, X; WANG - Critical review of data-driven decision-making in bridge operation and maintenance - *Structure and Infrastructure Engineering*, 18:1, 47-70 - 2022