

DEFINIÇÃO DE UMA POLÍTICA DE INTERVENÇÃO PARA MANUTENÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ESTRADAS: ANÁLISE DE CUSTOS E BENEFÍCIOS EM Benguela, Angola

DEFINITION OF AN INTERVENTION POLICY FOR ROAD MAINTENANCE AND CONSERVATION: COST-BENEFIT ANALYSIS IN Benguela, Angola

DEFINICIÓN DE UNA POLÍTICA DE INTERVENCIÓN PARA EL MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN DE CARRETERAS: ANÁLISIS DE COSTOS Y BENEFICIOS EN Benguela, Angola



10.56238/MultiCientifica-042

Cláudio Cipriano Raimundo

Mestrando em Engenharia Civil

Instituição: Universidade Jean Piaget de Angola (UJPA)

E-mail: dadovprotector@live.com.pt

José Paulo Kai

Doutor em Mecânica das Estruturas

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

E-mail: jose.kai@uan.ao

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

RESUMO

Considerando a degradação acelerada da infraestrutura rodoviária em Angola e seus impactos socioeconómicos, objetiva-se propor uma política de intervenção eficiente para a manutenção e conservação de estradas, com foco na análise de custos e benefícios. Para tanto, procede-se a uma investigação de abordagem mista, combinando métodos qualitativos (entrevistas semiestruturadas) e quantitativos (inquéritos e inspeções técnicas) no município de Benguela. Desse modo, observa-se que a ausência de planos formais de conservação, a insuficiência de financiamento e a predominância de um modelo de gestão reativo são os principais entraves. Identificam-se patologias recorrentes em pavimentos flexíveis, como fissuras, pele de crocodilo e deformações. Propõem-se quatro tipologias de intervenção, desde ações localizadas até redimensionamento completo, o que permite concluir que a adoção de políticas preventivas, baseadas em análises custo-benefício e apoiadas por tecnologias emergentes, é essencial para garantir a sustentabilidade da rede rodoviária e otimizar os recursos públicos.

Palavras-chave: Manutenção Rodoviária. Pavimentos Flexíveis. Análise Custo-Benefício. Gestão de Ativos. Benguela.

ABSTRACT

Considering the accelerated degradation of road infrastructure in Angola and its socioeconomic impacts, this study aims to propose an efficient intervention policy for road maintenance and



conservation, focusing on cost-benefit analysis. To this end, a mixed-methods investigation was conducted, combining qualitative (semi-structured interviews) and quantitative (surveys and technical inspections) methods in the municipality of Benguela. In this way, it is observed that the absence of formal conservation plans, insufficient funding, and the predominance of a reactive management model are the main obstacles. Recurring pathologies in flexible pavements are identified, such as cracks, alligator cracking, and deformations. Four types of intervention are proposed, ranging from localized actions to complete redesign, which allows us to conclude that the adoption of preventive policies, based on cost-benefit analyses and supported by emerging technologies, is essential to ensure the sustainability of the road network and optimize public resources.

Keywords: Road Maintenance. Flexible Pavements. Cost-Benefit Analysis. Asset Management. Benguela.

RESUMEN

Considerando la degradación acelerada de la infraestructura vial en Angola y sus impactos socioeconómicos, el objetivo es proponer una política de intervención eficiente para el mantenimiento y conservación de carreteras, con enfoque en el análisis de costos y beneficios. Para ello, se procede a una investigación de enfoque mixto, combinando métodos cualitativos (entrevistas semiestructuradas) y cuantitativos (encuestas e inspecciones técnicas) en el municipio de Benguela. De este modo, se observa que la ausencia de planes formales de conservación, la insuficiencia de financiamiento y el predominio de un modelo de gestión reactivo son los principales obstáculos. Se identifican patologías recurrentes en pavimentos flexibles, como fisuras, piel de cocodrilo y deformaciones. Se proponen cuatro tipologías de intervención, desde acciones localizadas hasta redimensionamiento completo, lo que permite concluir que la adopción de políticas preventivas, basadas en análisis de costo-beneficio y apoyadas por tecnologías emergentes, es esencial para garantizar la sostenibilidad de la red vial y optimizar los recursos públicos.

Palabras clave: Mantenimiento de Carreteras. Pavimentos Flexibles. Análisis de Costo-Beneficio. Gestión de Activos. Benguela.



1 INTRODUÇÃO

A infraestrutura rodoviária assume um papel fundamental no desenvolvimento socioeconómico de qualquer nação, funcionando como vetor de integração territorial, facilitador do comércio e promotor da mobilidade populacional. Em Angola, particularmente no município de Benguela, a degradação acelerada das estradas constitui um sério obstáculo ao crescimento económico e à qualidade de vida da população (Jensen, 2016). A ausência de políticas estruturadas de manutenção tem resultado em intervenções predominantemente corretivas, caracterizadas por custos elevados e baixa durabilidade (Branco et al., 2011). Este cenário é agravado pelas mudanças climáticas, que intensificam eventos climáticos extremos, acelerando processos degradativos (IPCC, 2022).

A gestão eficiente da conservação rodoviária requer a adoção de abordagens preventivas e a realização de análises de custo-benefício que orientem a alocação de recursos, frequentemente escassos (Pais, 1999). Nesse contexto, a definição de uma política de intervenção baseada em evidências técnicas e económicas torna-se imperativa. Tecnologias emergentes, como o Building Information Modeling (BIM) para infraestruturas e sensores IoT (Internet of Things) para monitorização em tempo real, oferecem novas oportunidades para otimizar a gestão do ciclo de vida dos ativos rodoviários (Costin et al., 2018).

Partindo deste problema, o presente artigo tem como objetivo geral propor uma política de intervenção eficiente para a manutenção e conservação de estradas, priorizando a otimização de custos e os benefícios socioeconómicos. Os objetivos específicos incluem: (1) identificar os principais fatores de desgaste das estradas em condições locais; (2) analisar os métodos existentes de manutenção; (3) investigar os impactos das estratégias preventivas e corretivas; (4) formular diretrizes baseadas em análises custo-benefício; e (5) estimar os benefícios económicos e sociais das políticas propostas, integrando considerações sobre resiliência climática.

A investigação, de natureza aplicada, adota uma abordagem mista e recorre ao estudo de caso no município de Benguela, combinando inquéritos a técnicos, entrevistas semiestruturadas com profissionais do setor e inspeções técnicas detalhadas em quatro vias urbanas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 GESTÃO DA MANUTENÇÃO RODOVIÁRIA E O PARADIGMA DA SUSTENTABILIDADE

A gestão de infraestruturas rodoviárias evoluiu de um paradigma reativo para outro proativo e baseado em dados, no qual a manutenção preventiva assume um papel central na maximização da vida útil do pavimento e na minimização de custos ao longo do ciclo de vida (Branco et al., 2011). A adoção de Sistemas de Gestão de Pavimentos (PMS) permite uma tomada de decisão informada, baseada em indicadores de desempenho e em análises económicas robustas (Freitas e Pereira, 2001). Recentemente, o conceito foi ampliado para Sistemas de Gestão de Ativos de Transporte (TAMS), que



adotam uma visão holística do ativo, incorporando critérios de sustentabilidade e resiliência (FHWA, 2020).

A conservação pode ser classificada em corrente, periódica e de reabilitação, consoante a natureza, periodicidade e objetivo da intervenção (EP, S.A., 2008). Enquanto a conservação corrente visa assegurar os serviços mínimos, a reabilitação tem por objetivo recuperar ou melhorar as características estruturais e funcionais do pavimento. A incorporação de critérios de economia circular, como a reciclagem de materiais in situ, tornou-se uma premissa fundamental para a sustentabilidade do setor (Gomes, 2005; Santos & Ferreira, 2021).

2.2 PATOLOGIAS DOS PAVIMENTOS FLEXÍVEIS E A INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS

Os pavimentos flexíveis, predominantes na rede angolana, estão sujeitos a um conjunto de patologias que refletem a interação entre as solicitações do tráfego, as condições climáticas e a qualidade dos materiais e da construção (Pereira et al., 1999). O "Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários" (EP, S.A., 2008) agrupa estas patologias em famílias, sendo as mais relevantes:

- **Fendilhamento:** Inclui fissuras isoladas, longitudinais, transversais e a "pele de crocodilo", esta última resultante da fadiga da estrutura e indicativa de falha estrutural avançada. A ação combinada da água infiltrada e das cargas dinâmicas acelera este processo (Ongel et al., 2022).
- **Deformações:** Manifestam-se como rodeiras, abatimentos e ondulações, associadas a problemas de capacidade de suporte da fundação ou das camadas do pavimento, frequentemente exacerbadas por temperaturas elevadas e cargas pesadas (Zhou et al., 2020).
- **Desagregação:** Envolve a perda de materiais da camada de desgaste, incluindo fenómenos de pelada, "cabeça de gato" e "ninhos" ou covas. A ação do clima, nomeadamente ciclos de chuva e seca, é um fator determinante (Almeida et al., 2023).

A identificação e correta diagnose destas patologias são fundamentais para a seleção das técnicas de intervenção mais adequadas.

2.3 TÉCNICAS DE INTERVENÇÃO INOVADORAS E ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO

As técnicas de conservação e reabilitação variam desde tratamentos superficiais (e.g., micro-aglomerado a frio, revestimentos betuminosos) até ao reforço estrutural com aplicação de novas camadas ou recurso a geossintéticos (Branco, 2013). A reciclagem de pavimentos, seja a frio, a quente ou profunda, surge como uma alternativa sustentável, promovendo a economia de recursos naturais e a redução de resíduos (Gomes, 2005; Thenoux et al., 2021). Materiais asfálticos modificados com



polímeros e aditivos melhoram o desempenho face às fadigas e às temperaturas, aumentando a vida útil da intervenção (Zhou et al., 2020).

A análise custo-benefício (ACB) constitui uma ferramenta crucial para a avaliação da eficiência económica das diferentes alternativas de intervenção. ACBs modernas vão além dos custos diretos de construção, incorporando o Custo do Ciclo de Vida (LCC), que inclui custos de construção, manutenção, operação e desmantelamento, e avaliam benefícios sociais tangíveis e intangíveis, como a redução de acidentes, a diminuição do tempo de viagem, a redução de emissões poluentes e o aumento da resiliência da infraestrutura (Santos, 2015; OECD, 2021).

3 METODOLOGIA

O estudo desenvolveu-se no município de Benguela, Angola, focando-se em quatro vias urbanas pavimentadas com Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ): Avenida Dr. António Agostinho Neto, Rua General Pereira D'ça, Rua Dr. Carlos Tavares e Rua Cidade de Moçamedes.

Adotou-se uma abordagem mista de investigação, assente em três instrumentos principais:

- a) Inquéritos: Aplicados a técnicos do setor rodoviário (engenheiros, arquitetos, técnicos de obra), com o objetivo de caracterizar as práticas de manutenção, a existência de planos formais e os critérios de priorização de intervenções ($n=7$). A amostra foi selecionada por conveniência, mas procurando abranger as principais instituições públicas e privadas do setor.
- b) Entrevistas semiestruturadas: Realizadas com profissionais de diferentes instituições (INEA, Serviços Provinciais de Estradas, empresas privadas), visando obter percepções qualitativas sobre o modelo de gestão, planos de melhoria e necessidades de apoio ($n=6$). As entrevistas foram gravadas, transcritas e sujeitas a análise de conteúdo temática.
- c) Inspeções técnicas: Realizadas in loco seguindo normas técnicas, com registo fotográfico e georreferenciado de patologias, permitindo uma avaliação objetiva do estado de degradação dos pavimentos. A gravidade das patologias foi classificada como Baixa, Média ou Alta com base na extensão e profundidade.

O processamento dos dados quantitativos foi realizado através de análise estatística descritiva, enquanto os dados qualitativos foram tratados mediante análise de conteúdo, com codificação aberta e axial para identificar categorias e temas emergentes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 INQUÉRITOS: PLANEAMENTO E PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO

Os inquéritos revelaram uma carência significativa de planeamento formal, com 57,1% dos inquiridos a afirmarem não existir um plano de conservação rodoviária nas suas organizações. A



manutenção preventiva é realizada maioritariamente com periodicidade anual (42,9%) ou bienal (28,6%), o que evidencia uma frequência insuficiente face às necessidades, especialmente quando comparada com as recomendações de países com redes maduras, que sugerem inspeções sistemáticas semestrais ou anuais (FHWA, 2020).

O principal entrave identificado foi a insuficiência de financiamento (53,8%), seguida da ausência de planeamento e gestão preventiva (23,1%). Na definição de prioridades, o estado físico da estrada (30,8%) e a análise de custo-benefício (23,1%) são os critérios mais utilizados, enquanto fatores sociais, como o impacto na acessibilidade, têm menor ponderação (7,7%). Esta abordagem técnico-económica, embora relevante, negligencia dimensões importantes do desenvolvimento sustentável, como a equidade no acesso aos serviços (OECD, 2021).

Estes resultados apontam para um modelo de gestão predominantemente reativo e condicionado por restrições orçamentais, corroborando a literatura que associa a falta de financiamento contínuo à degradação acelerada das infraestruturas (Branco et al., 2011; Thenoux et al., 2021).

4.2 ENTREVISTAS: PERCEÇÕES SOBRE O MODELO DE GESTÃO E A NECESSIDADE DE INOVAÇÃO

As entrevistas confirmaram e aprofundaram as fragilidades identificadas nos inquéritos. A avaliação do modelo atual de manutenção foi unânime e negativa, sendo descrito como "deficiente", "insuficiente" e "reativo". Foi referida a existência formal do Plano de Salvação das Estradas (PSE), mas a sua implementação foi considerada limitada e pouco visível no terreno, conforme ilustrado pela afirmação de um entrevistado: "Existe, mas não é implementado. Falta fiscalização e continuidade".

Para a implementação de melhorias, os entrevistados destacaram a necessidade de:

- a) Reforço da capacidade técnica e de recursos humanos, com formação específica em gestão de ativos;
- b) Criação de rubricas orçamentais específicas e protegidas para a conservação no Orçamento Geral do Estado;
- c) Reativação de brigadas de manutenção em parceria com o setor privado;
- d) Adoção de tecnologias digitais, como mencionado por um entrevistado: "Precisamos de ferramentas para monitorizar as estradas de forma constante, não só quando já estão destruídas".

Esta última sugestão alinha-se com as tendências globais de implementação de Digital Twins (gémeos digitais) para infraestruturas, que permitem simular o desempenho e prever falhas (Costin et al., 2018).



4.3 INSPEÇÕES TÉCNICAS: ESTADO DOS PAVIMENTOS E DIAGNÓSTICO ESTRUTURAL

As inspeções permitiram identificar e catalogar as principais patologias presentes nas vias estudadas, conforme sintetizado na Tabela 1. A análise revelou uma correlação direta entre a intensidade do tráfego e a gravidade das patologias estruturais.

Tabela 1. Principais patologias identificadas nos pavimentos flexíveis de Benguela.

Via	Patologias Identificadas	Gravidade	Provável Causa Estrutural
Av. A. A. Neto	Fissuras longitudinais/transversais, Trincas, "Pele de Crocodilo", Panelas/Buracos	Alta	Fadiga do conjunto estrutural, infiltração de água.
Rua Gen. Pereira D'ça	"Pele de Crocodilo", Exsudação, Desagregação	Média-Alta	Fadiga da camada de base, betume excessivo.
Rua Dr. Carlos Tavares	Fissuras, "Pele de Crocodilo"	Média	Envelhecimento do betume, fadiga incipiente.
Rua Cidade de Moçâmedes	"Ninhos (Covas)", Ondulação, "Pele de Crocodilo"	Média-Alta	Falha localizada, má compactação.

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A Figura 1 ilustra a patologia "Pele de Crocodilo", indicativa de fadiga estrutural avançada e frequentemente associada à infiltração de água que fragiliza as camadas inferiores (Ongel et al., 2022).

Figura 1. Exemplo de patologia "Pele de Crocodilo" na Avenida Dr. António Agostinho Neto.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A ocorrência generalizada destas patologias, em especial a "pele de crocodilo", evidencia a exaustão da vida útil dos pavimentos e a urgência de intervenções de reabilitação que vão além da mera manutenção corretiva, exigindo uma abordagem que restaure a capacidade estrutural.

4.4 PROPOSTA DE UMA POLÍTICA DE INTERVENÇÃO ESTRATÉGICA

Com base no diagnóstico efetuado, propõem-se quatro tipologias de intervenção, escalonadas de acordo com o grau de degradação e integradas numa política estratégica:



- **Tipo I (Intervenção Localizada / Preventiva):** Selagem de fendas e tapagem de covas. Aplicável a pavimentos com degradação incipiente (<10% de área fendilhada). Visa essencialmente impedir a entrada de água.
- **Tipo II (Reabilitação Superficial / Tática):** Fresagem integral da camada de desgaste e aplicação de nova camada (e.g., micro-aglomerado ou CBUQ). Indicada para pavimentos com degradação superficial generalizada e condicionantes de cota.
- **Tipo III (Reforço Estrutural com Controlo de Fendas / Estratégico):** Fresagem seguida da aplicação de uma geogrelha anti-reflexão e nova camada de desgaste. Destinada a vias com tráfego pesado e fendilhamento significativo. A geogrelha aumenta a vida útil do reforço (Almeida et al., 2023).
- **Tipo IV (Redimensionamento Completo / Estrutural):** Execução integral do pavimento, incluindo camadas de base e sub-base, podendo incorporar técnicas de reciclagem in situ para redução de custos e impacto ambiental (Thenoux et al., 2021). Necessária para pavimentos em estado de ruína avançada.

A seleção da tipologia deve ser precedida de uma análise custo-benefício que pondere o Custo do Ciclo de Vida (LCC) face aos benefícios em termos de segurança, durabilidade, redução de custos de operação para os utentes e ganhos ambientais (OECD, 2021). A política deve ser suportada por um Sistema de Gestão de Ativos (SGA) que centralize dados de inspeção, tráfego e custos, permitindo a priorização objetiva e transparente das intervenções.

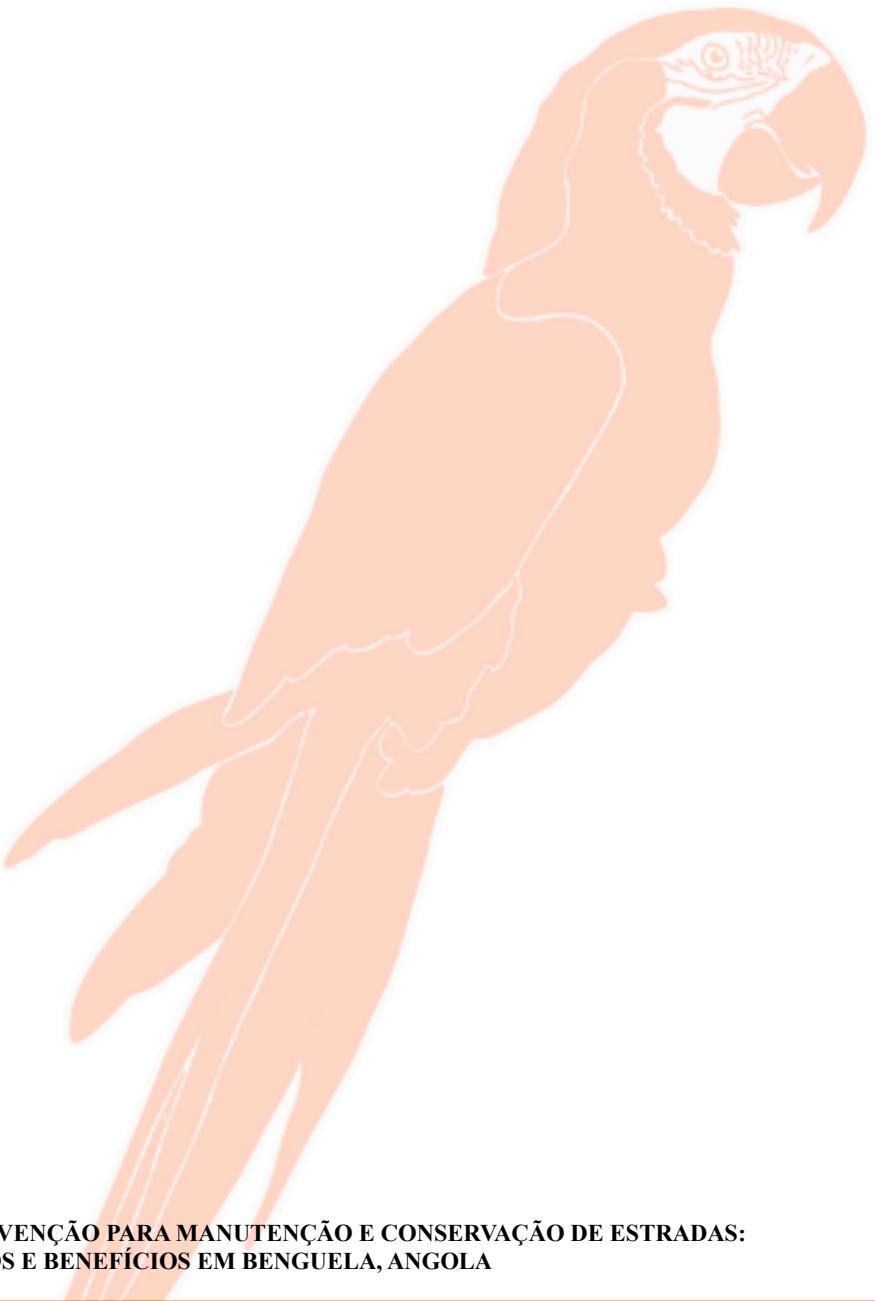
5 CONCLUSÃO

O estudo permitiu concluir que a atual política de manutenção rodoviária no município de Benguela é caracterizada por um modelo reativo, desestruturado e com insuficiência crónica de financiamento. A ausência de planos formais de conservação e a baixa frequência de manutenção preventiva resultam na degradação acelerada dos pavimentos flexíveis, com o aparecimento de patologias estruturais graves, como a "pele de crocodilo", agravadas pelas condições climáticas locais.

A proposta de quatro tipologias de intervenção, desde ações localizadas até ao redimensionamento completo, oferece um leque de soluções técnicas escaláveis e economicamente avaliáveis. A análise custo-benefício, integrando o conceito de Custo do Ciclo de Vida, surge como instrumento indispensável para a priorização de investimentos, demonstrando que a manutenção preventiva é financeiramente mais vantajosa a longo prazo do que as intervenções corretivas emergenciais. A incorporação de técnicas inovadoras, como a reciclagem de pavimentos e o uso de geossintéticos, aliada ao potencial das tecnologias digitais para monitorização, pode potenciar a eficiência e sustentabilidade das intervenções.



Conclui-se que a implementação de uma política nacional de manutenção rodoviária, baseada em planeamento estratégico, financiamento sustentável, gestão técnica profissionalizada e adoção de inovação, é crucial para assegurar a durabilidade, segurança, resiliência e eficiência da rede viária angolana, servindo como alicerce para o desenvolvimento socioeconómico do país. Estudos futuros deverão focar-se na quantificação económica dos benefícios da prevenção no contexto angolano e no desenvolvimento de ferramentas de SGA adaptadas à realidade local.





REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A.; SILVA, J.; COSTA, L. The use of geosynthetics for reflective crack control in asphalt overlays: A review. *Construction and Building Materials*, v. 400, 2023.
- BRANCO, F.; PEREIRA, P.; SANTOS, L.P. Pavimentos Rodoviários. 4. ed. Coimbra: Almedina, 2011.
- COSTIN, A.; ADIBFAR, A.; HUFF, R. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure: A systematic literature review. *Automation in Construction*, v. 97, p. 35-46, 2018.
- EP, S.A. Catálogo de Degradações dos Pavimentos Rodoviários. Lisboa: EP - Estradas de Portugal, 2008.
- FHWA. Asset Management Overview. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 2020.
- FREITAS, E.; PEREIRA, P. Avaliação do Estado Superficial e Estrutural de Pavimentos. Lisboa: LNEC, 2001.
- GOMES, A. Reciclagem de Pavimentos: Vantagens e Limitações. Porto: FEUP, 2005.
- IPCC. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2022.
- JENSEN, S. K. Investimento em Infraestruturas Rodoviárias em Angola. Londres: Chatham House, 2016.
- OECD. Cost-Benefit Analysis and the Environment: Further Developments and Policy Use. Paris: OECD Publishing, 2021.
- ONGEL, A.; KADIBESEGIL, S.; YILMAZ, M. Investigation of the relationship between moisture damage and cracking in asphalt pavements. *International Journal of Pavement Engineering*, v. 23, n. 4, p. 1205-1217, 2022.
- PAIS, J. Consideração da Reflexão de Fendas no Dimensionamento de Reforços de Pavimentos Flexíveis. 1999. Tese (Doutoramento em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Guimarães, 1999.
- PEREIRA, P. et al. Patologias e Mecanismos de Degradação em Pavimentos Flexíveis. Lisboa: LNEC, 1999.
- SANTOS, S. B. Dimensionamento de pavimentos em África e na América Latina: Análise de manuais de pré-dimensionamento. Porto: FEUP, 2015.
- SANTOS, J.; FERREIRA, A. Sustainability assessment of road pavement rehabilitation techniques: A life cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 298, 2021.
- THENOUX, G.; GONZÁLEZ, A.; DOWLING, R. In-place recycling and stabilization of pavement materials: A sustainable solution for road maintenance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON TRANSPORTATION AND DEVELOPMENT, 2021. Anais[...] [S.l.: s.n.], 2021.



ZHOU, F.; HU, S.; SCULLION, T. Integrated asphalt (overlay) design and construction: A synthesis of practice. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, v. 7, n. 5, p. 573-584, 2020.

