

Sustentabilidade em projetos rodoviários no semiárido baiano: convergência com os ODS da Agenda 2030

Sustainability in road projects in the Bahia semi-arid: convergence with the 2030 Agenda SGDs

¹Autor 1, ²Autor 2, ³Autor 3, ⁴Autor 4

¹Titulação do autor 1 – Instituição (email@email.com.br)

²Mestrando em Engenharia de Exemplos no Programa de Engenharia de Exemplo– Universidade Federal de
Mato Grosso (exemplo@exemplo.com)

³Professor Associado do Programa de Engenharia de Exemplos da EX –
Universidade Federal de Mato Grosso (exemplo@exemplo.com)

⁴Tamanho 10, justificado à direita

Obs.: Todos os autores devem ser devidamente cadastrados no momento da submissão do artigo.

RESUMO: O planejamento de rodovias no Semiárido brasileiro requer análises integradas capazes de articular desempenho técnico, gestão ambiental e desenvolvimento territorial. Este estudo avaliou o grau de convergência de um projeto rodoviário às metas da Agenda 2030, considerando a totalidade de seus componentes: caracterização técnica, área de influência, diagnósticos físico, biótico e socioeconômico, avaliação de impactos, medidas mitigadoras, programas ambientais e diretrizes de proteção e recuperação. A metodologia adotou abordagem qualitativa, com aplicação da Análise de Conteúdo e elaboração de matriz de aderência entre ações do projeto e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Os resultados indicaram convergência significativa com metas relacionadas à conservação ambiental, resiliência climática, infraestrutura sustentável e gestão responsável dos recursos naturais. Também foram observados avanços em aspectos socioeconômicos e institucionais, embora persistam lacunas referentes à economia circular, integração intersetorial e monitoramento ambiental. Conclui-se que o projeto apresenta alinhamento relevante, ainda que parcial, aos princípios da Agenda 2030. A estrutura analítica utilizada demonstra potencial de reprodutibilidade e pode auxiliar no aperfeiçoamento de práticas sustentáveis em empreendimentos rodoviários, especialmente em regiões semiáridas.

Palavras Chave: Rodovias. Infraestrutura verde. Economia Circular.

ABSTRACT: The planning of road infrastructure in the Brazilian Semi-arid region requires integrated analyses capable of articulating technical performance, environmental management, and territorial development. This study evaluated the degree of convergence of a highway project with the goals of the 2030 Agenda, considering all of its components, including technical characterization, area of influence, physical, biotic, and socioeconomic diagnostics, impact assessment, mitigation measures, environmental programs, and protection and recovery guidelines. A qualitative approach was adopted, applying Content Analysis and developing an adherence matrix that relates project actions to the Sustainable Development Goals. The results indicated significant convergence with goals related to environmental conservation, climate resilience, sustainable infrastructure, and responsible natural resource management. Advances were also observed in socioeconomic and institutional aspects, although gaps remain regarding circular economy strategies, intersectoral integration, and environmental monitoring. The study concludes that the project presents relevant, although partial, alignment with the principles of the 2030 Agenda. The analytical framework employed demonstrates strong potential for reproducibility and may support the improvement of sustainable practices in road infrastructure projects, particularly in semi-arid regions.

Keywords: Highways. Green Infrastructure. Circular Economy.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é um eixo estruturante para o futuro da indústria da construção civil, pois visa reduzir os impactos ambientais e assegurar que as gerações futuras possam usufruir dos serviços e benefícios proporcionados pelo setor. A adoção de práticas sustentáveis tem ganhado destaque na construção civil contemporânea, impulsionada pela necessidade de reduzir impactos ambientais e otimizar o uso de recursos naturais.

Comentado [A1]: Dentro do contexto de uma introdução bem longa, esse parágrafo se torna dispensável

Projetos rodoviários, pela sua complexidade e escala, representam infraestruturas críticas que frequentemente acarretam impactos significativos sobre comunidades e ecossistemas. Tais empreendimentos requerem estratégias sustentáveis para mitigar efeitos adversos, especialmente porque o setor de transportes é um dos maiores consumidores de materiais naturais (Zhao et al. 2021). Por exemplo, análises de carbono e custo demonstram que esses empreendimentos permanecem entre os maiores consumidores de materiais e emissores de gases de efeito estufa, reforçando a urgência por soluções que contemplem eficiência ambiental e inovação tecnológica (Russeau et al. 2022; Liu et al. 2022).

Nesse contexto, pesquisas recentes reforçam a importância de integrar conceitos de infraestrutura resiliente, capazes de resistir e responder adequadamente a eventos climáticos extremos, o que está alinhado aos princípios contemporâneos de sustentabilidade e adaptação climática (Mítoulis 2023).

A transição para modelos sustentáveis requer a incorporação de materiais reciclados, tecnologias de menor emissão e métodos construtivos que reduzam o consumo de energia e água ao longo do ciclo de vida das obras (Zhao et al. 2021). Além disso, iniciativas baseadas nos conceitos de Infraestrutura Verde têm se destacado como alternativa estratégica, ao promover resiliência, proteção dos recursos naturais e maior compatibilidade entre obras lineares e ecossistemas sensíveis (Choi et al. 2021).

Adicionalmente, a Economia Circular constitui um caminho promissor para o setor, promovendo o reaproveitamento de recursos e a redução de resíduos, ao mesmo tempo em que melhora o desempenho ambiental das obras. Pesquisas têm demonstrado que a incorporação de materiais recuperados, como o *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP), reduz substancialmente o consumo de agregados naturais e de ligantes asfálticos, configurando ganhos significativos em termos de emissões evitadas, custos operacionais e prolongamento da vida útil do pavimento (Mantalovas e Di Mino, 2019).

No campo das inovações recentes, a aplicação de resíduos industriais, como telhas e mantas asfálticas recicladas, reforça o potencial da economia circular ao substituir matérias-primas virgens e ao gerar misturas de desempenho equivalente, com menor impacto ambiental e menor geração de passivos (Pasetto et al. 2024).

De forma mais abrangente, estudos de revisão sistemática apontam que a adoção de princípios circulares no setor da construção contribui para uma transição de modelos lineares para cadeias produtivas regenerativas, promovendo reuso, prolongamento de ciclo de vida e diminuição de descarte, com benefícios tanto ambientais quanto econômicos (Yu et al. 2022). Esses avanços sugerem que a integração de práticas circulares pode representar um eixo estratégico para o redesenho sustentável de infraestruturas, especialmente em empreendimentos de grande escala, como obras rodoviárias.

Entretanto, a sustentabilidade transcende a dimensão exclusivamente ambiental, exigindo a integração equilibrada entre os aspectos sociais, econômicos e ecológicos que moldam a atuação de projetos de infraestrutura. No entanto, a literatura recente aponta que a dimensão social ainda é a menos explicitada nas avaliações de sustentabilidade, em razão de sua natureza subjetiva e da dificuldade de mensuração de impactos sociais duradouros (Nasirzadeh et al. 2020; Shen et al. 2021).

Estudos demonstram que modelos convencionais tendem a privilegiar variáveis ambientais e econômicas, enquanto impactos sociais permanecem diluídos em análises qualitativas de baixa comparabilidade (Durdyev et al. 2018). Além disso, a avaliação de resultados sociais requer recortes temporais amplos e mecanismos de monitoramento pós-implantação, nem sempre incorporados em obras públicas (O’Faircheallaigh 2021).

Esse cenário evidencia a necessidade de modelos de intervenção que articulem de forma mais robusta os diferentes pilares da sustentabilidade, especialmente em setores como o rodoviário, onde riscos ambientais e pressões socioeconômicas coexistem. Assim, a Agenda

Comentado [A2]: Não está na lista de referências

Comentado [A3]: Os autores falam em pesquisas recentes, mas citam apenas um estudo. Mais referências devem ser inseridas

Comentado [A4]: Emissões de quê? É necessário especificar

Comentado [A5]: Contexto interessante, mas deve-se buscar construir uma linha de raciocínio sobre obras de infraestrutura e reuso de materiais neste contexto

2030 e seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) configuram um marco global que orienta governos, empresas e instituições na promoção de práticas mais sustentáveis.

Os ODS abordam uma ampla gama de questões sociais, econômicas e ambientais, como pobreza, igualdade de gênero, proteção ambiental, energia limpa, clima e uso sustentável dos recursos naturais (Barbieri 2020). A Agenda 2030, portanto, representa um apelo à ação coletiva para transformar infraestruturas, incluindo rodovias, em sistemas mais resilientes e sustentáveis (AGENDA 2030).

Diante desse contexto, este estudo busca responder à seguinte questão: em que medida um projeto rodoviário implantado no Semiárido da Bahia converge com as metas propostas pela Agenda 2030? Para isso, analisou-se a totalidade dos componentes do projeto, abrangendo aspectos técnicos, ambientais, bióticos, físicos e socioeconômicos, com ênfase na identificação dos ODS atendidos, das lacunas existentes e das oportunidades de aprimoramento.

Assim, o objetivo geral consiste em avaliar o alinhamento do empreendimento às metas da Agenda 2030, enquanto os objetivos específicos envolvem identificar os ODS contemplados, analisar os fatores que fundamentam a aderência, mapear fragilidades e propor recomendações alinhadas às melhores práticas internacionais de sustentabilidade aplicadas à infraestrutura rodoviária.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo adotou abordagem qualitativa e documental, fundamentada na análise sistemática do conjunto de estudos e relatórios que compõem o Documento Ambiental Base (DAB). Para fins desta pesquisa, adotou-se a expressão Documento Ambiental Base (DAB) como termo síntese que reúne todos os materiais que compõem o componente ambiental do empreendimento, aprovado pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT).

Esses materiais incluem diagnósticos dos meios físico, biótico e socioeconômico, planos e programas ambientais, mapas temáticos, croquis, relatórios técnicos, prognósticos de impacto e demais anexos correlatos. A consolidação desse acervo em um termo único permite delimitar claramente o corpus de análise e garantir a repetibilidade do processo metodológico.

O locus da investigação corresponde ao trecho de 11,8 km da BR-020/BA, situado no município de Campo Alegre de Lourdes – BA, inserido no bioma Caatinga. Trata-se de um território marcado por clima semiárido, baixa disponibilidade hídrica, relevo suscetível à erosão e elevada sensibilidade ambiental. Esses fatores tornam o contexto especialmente relevante para avaliar a sustentabilidade de obras lineares, uma vez que condicionam tanto a natureza dos impactos quanto a efetividade das medidas previstas no projeto.

O método foi estruturado para assegurar rastreabilidade, rigor analítico e repetibilidade, de forma a possibilitar que outros pesquisadores reproduzam integralmente o percurso interpretativo adotado. As etapas compreenderam A organização do *corpus* documental, aplicação da Análise de Conteúdo de Bardin, construção da matriz analítica e síntese interpretativa dos resultados.

Os procedimentos metodológicos foram estruturados em quatro fases, representadas na Figura 1.

Comentado [A6]: Especificar se é um documento de acesso aberto, ou apenas por solicitação

Comentado [A7R6]: Utilizar formato de citação ABNT para o documento consultado

Figura 1 – Procedimentos Metodológicos



2.1 Organização do corpus documental

A primeira fase consistiu na identificação, seleção e organização do corpus documental, compreendendo todos os elementos que integram o DAB. Nessa etapa, foram reunidos os relatórios de diagnóstico ambiental, prognósticos de impactos, programas e planos de controle ambiental, além de mapas, quadros, croquis e demais anexos técnicos. Procedeu-se à leitura inicial de todo o material, com o objetivo de reconhecer a estrutura geral do componente ambiental, localizar as seções mais diretamente relacionadas às ações e diretrizes de proteção ambiental e delimitar o escopo efetivo da análise. Essa organização permitiu consolidar um conjunto coerente de documentos, evitando duplicidades e lacunas, e estabelecendo o corpus a ser submetido às fases seguintes de análise.

2.2 Aplicação de protocolo de análise

Na segunda fase, foram aplicados os protocolos analíticos responsáveis por orientar a leitura sistemática e a codificação do material, tendo como referência central a Análise de Conteúdo de Bardin (2016). Essa abordagem foi escolhida garantir rigor à análise qualitativa dos dados ao tratar grandes volumes de informação textual, permitindo identificar significados, padrões e relações nos documentos.

A aplicação dos protocolos seguiu as três etapas clássicas propostas por Bardin. Na pré-análise, realizou-se uma leitura flutuante de todo o DAB, com o propósito de familiarização com o conteúdo, definição dos documentos-chave e seleção das partes mais relevantes para o objetivo do estudo. Também foram delimitadas as unidades de registro, aqui entendidas como trechos de texto que descrevem ações relativas aos pilares ambiental, social e econômico da sustentabilidade.

Na etapa de exploração do material, as unidades de registro foram codificadas e agrupadas em categorias temáticas mais específicas, tais como: medidas mitigadoras, programas de recuperação, estratégias de controle de erosão, proteção da fauna, gestão de resíduos, avaliação de riscos e impactos à saúde e segurança das comunidades lindeiras, mecanismos de participação e controle social, geração de empregos, entre outros. Essa categorização permitiu organizar o conteúdo em eixos analíticos coerentes com o escopo da pesquisa.

Por fim, na fase de tratamento dos resultados e interpretação, as categorias construídas foram refinadas, comparadas entre si e preparadas para o cruzamento com as metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Essa etapa consistiu em interpretar criticamente o conteúdo categorizado, identificando lacunas e ações prioritizadas, de modo a evidenciar o perfil ambiental do empreendimento sob a lente da Agenda 2030.

Comentado [A8]: itálico

Comentado [A9]: itálico

Comentado [A10]: Ano?

Comentado [A11]: perspectiva

2.3 Construção da matriz analítica

A terceira fase consistiu na construção de uma matriz analítica, na qual as categorias temáticas derivadas da análise de conteúdo foram relacionadas às metas específicas dos ODS associados. Cada categoria temática foi confrontada com as metas dos ODS, estabelecendo-se relações de convergência, parcialidade ou ausência de aderência.

Quando uma ação, programa ou diretriz ambiental possuía potencial claro de contribuir para determinada meta, registrou-se essa convergência na matriz. Quando a contribuição era insuficiente, pouco detalhada ou apenas indireta, foi indicada como aderência parcial. Nas situações em que não havia qualquer correspondência entre categorias ambientais e metas específicas, registrou-se lacuna de alinhamento.

Essa matriz analítica constituiu o principal instrumento para visualização, de forma integrada, do grau de convergência do componente ambiental do empreendimento com a Agenda 2030.

2.4 Síntese interpretativa e conclusões alcançadas

A quarta fase correspondeu à síntese interpretativa das evidências produzidas nas etapas anteriores e à formulação das conclusões da pesquisa. A partir da matriz analítica, foram discutidos os principais pontos de convergência entre o componente ambiental do projeto e as metas dos ODS, bem como as lacunas identificadas.

3. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

A matriz resultante apresenta de maneira sistematizada os ODS selecionados, as metas diretamente relacionadas, as evidências extraídas dos documentos técnicos e a classificação do grau de aderência. Além disso, incorpora a interpretação crítica sobre os potenciais e limitações identificados e sugere ações específicas para fortalecer o alinhamento do projeto à sustentabilidade.

Essa ferramenta analítica, ao integrar dimensões ambientais, sociais e econômicas, oferece subsídios sólidos para orientar a revisão de políticas e o aprimoramento de projetos rodoviários sustentáveis, contribuindo para que tais iniciativas estejam efetivamente em sintonia com os princípios do desenvolvimento sustentável.

3.1 ODS contemplados e avaliação de convergência

A análise demonstrou aderência expressiva do empreendimento às metas ambientais da Agenda 2030, com maior convergência aos ODS 6 (Água Potável e Saneamento), 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) e 15 (Vida Terrestre), refletindo uma concepção de planejamento pautada na mitigação de impactos e na gestão preventiva de ecossistemas.

De modo geral, as ações previstas no DAB apresentam robustez técnica no manejo de recursos naturais, na mitigação de impactos e na adoção de procedimentos preventivos voltados à conservação de solo, água e biodiversidade.

Comentado [A12]: do

Matriz Analítica Interpretativa dos ODS no Projeto					
ODS	Meta	Grau de Aderência	Evidência Documental	Interpretação Crítica	Ações Sugeridas
ODS 3	3.6 – Reduzir mortes e feridos por acidentes de trânsito	Média	Inclusão do Programa de Segurança Viária com medidas de sinalização e contenção.	O programa demonstra preocupação com a segurança viária, mas sua eficácia depende da implementação adequada e do acompanhamento dos resultados.	Realizar campanhas educativas, acompanhar indicadores de acidentes e manter sinalização eficiente.
ODS 4	4.7 – Educação para o desenvolvimento sustentável	Ausente	O projeto não menciona ações de educação ambiental voltadas para trabalhadores ou comunidades impactadas.	A ausência de programas de educação ambiental compromete o engajamento da população e o fortalecimento de práticas sustentáveis durante a obra.	Incluir programas de educação ambiental nos canteiros e nas comunidades lindeiras com foco em práticas sustentáveis.
ODS 5	5.5 – Garantir a participação plena e efetiva das mulheres e a igualdade de oportunidades	Ausente	O projeto não apresenta qualquer medida específica voltada à inclusão de mulheres na força de trabalho da obra ou nos processos decisórios. Também não há menção à promoção da equidade de gênero nas etapas de execução ou monitoramento do projeto.	A ausência de ações afirmativas ou indicadores de participação feminina evidencia uma lacuna importante. A igualdade de gênero poderia ser promovida por meio de critérios de contratação, formação profissional e prevenção de assédio nos canteiros.	Estabelecer metas de inclusão de mulheres nas contratações e programas de capacitação da obra; adotar políticas de prevenção ao assédio nos canteiros e garantir condições dignas de trabalho; criar mecanismos de participação feminina em todas as etapas do projeto.
ODS 6	6.3 – Melhorar a qualidade da água e reduzir a poluição	Alta	Ações preventivas no canteiro de obras para evitar poluição e contaminação hídrica; controle de efluentes previsto.	Há compromisso claro com a proteção dos corpos hídricos locais e prevenção à poluição, especialmente em áreas sensíveis.	Monitorar qualidade da água, exigir contenção de sedimentos e implementar barreiras naturais nas APPs.
ODS 6	6.5 – Implementar a gestão integrada dos recursos hídricos	Média	Medidas de controle de erosão e assoreamento em áreas com corpos hídricos.	As medidas de engenharia abordam aspectos pontuais da gestão hídrica, mas não integram diferentes níveis e atores como previsto na meta.	Articular com comitês de bacia e integrar planos de drenagem urbana e rural às ações do projeto.

Matriz Analítica Interpretativa dos ODS no Projeto					
ODS	Meta	Grau de Aderência	Evidência Documental	Interpretação Crítica	Ações Sugeridas
ODS 6	6.6 – Proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água	Média	Ações de revegetação nas margens e recuperação de áreas degradadas próximas a recursos hídricos.	O projeto contempla ações de restauração em áreas próximas à água, porém sem detalhamento sobre conservação de serviços ecossistêmicos.	Mapear áreas úmidas e implementar faixas de proteção permanente para conservar os ecossistemas aquáticos.
ODS 8	8.5 – Emprego pleno e produtivo e trabalho decente	Média	Previsão de geração de empregos com contratação local e capacitação de trabalhadores.	A valorização do emprego local é positiva, mas faltam garantias explícitas de condições de trabalho decentes e políticas inclusivas.	Implantar programas de qualificação, garantir segurança ocupacional e igualdade de oportunidades.
ODS 8	8.8 – Promover ambientes de trabalho seguros e protegidos	Média	Previsão de programa de segurança do trabalho no canteiro com medidas de controle de riscos.	O programa de segurança é citado, mas não detalha indicadores de cumprimento nem medidas de fiscalização específicas.	Detalhar metas de redução de acidentes de trabalho, promover treinamentos contínuos e fiscalizações efetivas.
ODS 9	9.1 – Desenvolver infraestrutura sustentável e resiliente	Alta	Ampliação de infraestrutura logística para escoamento da produção e acesso regional.	A infraestrutura proposta atende a um objetivo central de mobilidade regional com potencial de impacto positivo duradouro.	Monitorar desempenho da infraestrutura implantada quanto à durabilidade, segurança viária e integração territorial.
ODS 9	9.2 – Promover a industrialização inclusiva e sustentável	Baixa	Não há menção direta a fomento da indústria ou inovação tecnológica na execução do projeto.	Apesar do potencial da rodovia em estimular atividades econômicas, o projeto não apresenta estratégias para incentivar a industrialização sustentável ou adoção de tecnologias inovadoras.	Estabelecer cláusulas para o uso de tecnologias inovadoras e articulação com cadeias produtivas locais de baixo impacto ambiental.
ODS 9	9.5 – Fomentar a pesquisa e a inovação tecnológica	Ausente	O projeto não menciona tecnologias inovadoras ou pesquisa aplicada à execução da rodovia.	A ausência de pesquisa aplicada ou inovação técnica limita o potencial de sustentabilidade e eficiência da obra.	Incluir cláusulas para uso de soluções técnicas inovadoras, como estabilização ecológica e pavimentos sustentáveis.

Comentado [A13]: Substituir por: de menor impacto ambiental ou com aglomerantes alternativos

Matriz Analítica Interpretativa dos ODS no Projeto					
ODS	Meta	Grau de Aderência	Evidência Documental	Interpretação Crítica	Ações Sugeridas
ODS 11	11.1 – Garantir o acesso à habitação segura e aos serviços básicos	Média	O projeto prevê desapropriações e impactos em acessos a propriedades, mas carece de medidas claras de gestão social.	O projeto reconhece a interferência no acesso a propriedades, mas não traz um plano detalhado de apoio às famílias impactadas ou de garantia de reassentamento justo.	Criar um plano de gestão social participativo para mitigar os efeitos de desapropriações, garantindo transparência e compensações justas.
ODS 11	11.2 – Acesso seguro e sustentável aos sistemas de transporte	Média	Melhoria do acesso viário entre comunidades e municípios, com previsão de sinalização e dispositivos de segurança.	O acesso físico melhora, mas o projeto não aborda transporte público ou tarifas acessíveis para população vulnerável.	Incluir rotas de transporte público, sinalização para modos ativos e análise de impacto sobre deslocamentos comunitários.
ODS 11	11.4 – Proteger o patrimônio cultural e natural do mundo	Média	Previstos estudos arqueológicos e resgate de patrimônio, além de reconhecimento da importância da Caatinga.	As medidas de proteção são positivas, mas faltam ações de valorização cultural e integração com comunidades locais.	Fortalecer ações de valorização do patrimônio arqueológico e cultural, com envolvimento da população local.
ODS 12	12.4 – Gestão ambientalmente saudável de produtos químicos e resíduos	Média	Plano de gerenciamento de resíduos inclui armazenamento temporário e destinação de materiais contaminantes.	A estrutura de controle químico é coerente com o mínimo exigido, mas carece de integração com ciclo completo de sustentabilidade.	Integrar a gestão de resíduos perigosos ao controle de impactos cumulativos e ao ciclo de vida de materiais de obra.
ODS 12	12.5 – Redução da geração de resíduos através de prevenção, redução, reciclagem e reuso	Média	Há um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil (PGR), com foco em separação e destinação adequada, mas sem metas quantitativas de redução ou reuso.	As ações do PGRCC atendem parcialmente à meta, mas não há metas quantitativas de redução, nem reaproveitamento sistemático de materiais de obra. O projeto não aproveita o potencial de reaproveitamento de materiais e de economia circular.	Incluir metas de reaproveitamento de resíduos e estimular a escolha de materiais com menor impacto ambiental desde o projeto executivo e incentivo a materiais recicláveis e técnicas construtivas limpas.

Matriz Analítica Interpretativa dos ODS no Projeto					
ODS	Meta	Grau de Aderência	Evidência Documental	Interpretação Crítica	Ações Sugeridas
ODS 13	13.1 – Reforçar resiliência e adaptação a riscos climáticos	Baixa	Não há abordagem específica para adaptação climática, apenas controle de erosão em taludes.	A ausência de medidas explícitas de adaptação torna a rodovia vulnerável a eventos climáticos extremos, especialmente no semiárido.	Incluir estudo de vulnerabilidade climática e prever uso de materiais adaptativos, como drenagens resilientes e arborização funcional.
ODS 13	13.2 – Integrar medidas contra a mudança do clima nas políticas	Baixa	Não há inventário de emissões de GEE, nem medidas específicas de mitigação ou adaptação às mudanças climáticas.	A falta de diagnóstico de emissões, uso de técnicas de baixo carbono ou estratégias de adaptação demonstra ausência de integração climática no planejamento da obra.	Elaborar inventário de GEE da obra, utilizar fontes renováveis nos canteiros e prever reflorestamento para compensação de carbono.
ODS 15	15.1 – Conservar e restaurar ecossistemas terrestres e de água doce	Alta	Revegetação com espécies nativas, recuperação de APPs e manutenção de conectividade ecológica com passagens de fauna.	As ações indicadas são robustas e voltadas à preservação dos ecossistemas locais, especialmente na Caatinga, justificando aderência alta.	Expandir corredores ecológicos, usar espécies nativas resilientes e monitorar serviços ecossistêmicos restaurados.
ODS 15	15.3 – Combater a desertificação e restaurar terras degradadas	Alta	Programa de recuperação de áreas degradadas (PRAD), com foco em revegetação com espécies nativas da Caatinga.	O PRAD contribui diretamente para combater a degradação e a desertificação, problema crítico no semiárido.	Garantir escala significativa de revegetação com espécies nativas e monitorar a recuperação do solo.
ODS 15	15.5 – Reduzir a degradação de habitats e proteger a biodiversidade	Alta	Programa de Resgate de Fauna Silvestre e revegetação com espécies nativas nas áreas afetadas.	O projeto contempla ações concretas de conservação da biodiversidade, incluindo mitigação da fragmentação de habitats, com bom potencial de efetividade.	Monitorar fauna resgatada, avaliar revegetação, promover conectividade ecológica e engajamento local.
ODS 15	15.8 – Prevenir a introdução de espécies exóticas invasoras	Média	Previsão de programa de controle de espécies exóticas nas áreas restauradas e em canteiros.	A previsão de controle é adequada, mas depende da fiscalização e continuidade das ações após a obra.	Executar vigilância ambiental contínua para detecção precoce e remoção de espécies invasoras.

Essa predominância das ações ambientais confirma a tendência observada na literatura recente, que aponta o pilar ambiental como o mais consolidado nas avaliações de sustentabilidade de empreendimentos de infraestrutura, em comparação aos pilares social e econômico (Nasirzadeh et al. 2020), reforçando que a sustentabilidade ambiental recebeu maior atenção e formalização nos últimos anos.

No âmbito do ODS 6, as medidas previstas no DAB relacionadas à proteção hídrica, controle de sedimentos, adequação da drenagem e estabilização de taludes são consistentes com abordagens contemporâneas para resiliência climática em rodovias, as quais exigem soluções adaptativas diante de eventos extremos e variabilidade hidrológica crescente. Por exemplo, estudos recentes têm avançado em modelos probabilísticos para avaliar o desempenho de sistemas de drenagem viária sob cenários de mudança climática, indicando a necessidade de redimensionamento de dispositivos, aumento de capacidade hidráulica e integração de incertezas climáticas nos critérios de projeto (Wang et al. 2024).

Ainda nesse sentido, revisões específicas sobre adaptação de rodovias a perigos de inundação reforçam que estratégias de mitigação e adaptação combinam intervenções em taludes, leitos de rios, sistemas de drenagem, plataformas viárias e estruturas especiais, demandando visão de ciclo de vida e integração entre engenharia rodoviária, hidrologia e gestão de risco (Mushtaq et al. 2024). É importante ressaltar, que obras situadas em ambientes semiáridos demandam projetos com maior capacidade de resposta geotécnica, mecanismos de contenção de água e sistemas de drenagem inteligente para minimizar erosão e prolongar o desempenho operacional (Farias et al. 2019; Oliveira et al. 2024).

No que se refere ao ODS 9, observou-se que a convergência permanece parcial. Embora o empreendimento demonstre aderência às metas relacionadas à infraestrutura resiliente e acessível, a incorporação de práticas de inovação, avaliação de ciclo de vida e economia circular ainda ocorre de maneira incipiente. Pesquisas defendem que a sustentabilidade em infraestrutura não pode restringir-se ao cumprimento legal, devendo avançar para modelos de baixo carbono, reutilização de materiais e redução de emissões ao longo da cadeia (Liu et al. 2022; Barbhuiya et al. 2025).

Além disso, estudos recentes demonstram que empreendimentos lineares tendem a iniciar sua trajetória sustentável pela conformidade ambiental, por meio do atendimento a normas, licenciamento e mitigação de impactos ecológicos, enquanto inovação, circularidade e impactos sociais permanecem em estágios iniciais de maturidade. Revisões sobre a aplicação do *triple bottom line* (tripé da sustentabilidade) na construção indicam que os instrumentos e indicadores associados ao pilar ambiental são mais consolidados e institucionalizados do que aqueles voltados às dimensões social e econômica (Goh et al. 2020; Gurmu et al. 2022).

Avançando para o ODS 13, constatou-se que o projeto internaliza medidas alinhadas à adaptação climática e gestão de riscos, especialmente no que se refere à resiliência de sistemas de drenagem, estabilização geomorfológica e conservação da vegetação. No tocante às ações de supressão vegetal controlada, recomposição de áreas degradadas e regeneração natural, observou-se convergência do DAB com princípios de Infraestrutura Verde e Soluções Baseadas na Natureza, consideradas essenciais para ampliar resiliência e reconectar paisagens fragmentadas e restaurar funções ecológicas comprometidas por empreendimentos lineares. O avanço dessas soluções aponta para a integração de engenharia e natureza como eixo estratégico de infraestrutura resiliente, sobretudo em áreas ecologicamente sensíveis. (Choi et al. 2021).

Nesse cenário, a literatura argumenta que a transição para modelos de infraestrutura regenerativa é decisiva para o cumprimento das metas globais de biodiversidade e proteção de ecossistemas. O enfoque regenerativo visa gerar impacto líquido positivo, promovendo recuperação de ecossistemas, aumento de biodiversidade e fortalecimento dos serviços ecossistêmicos, especialmente em contextos em que a infraestrutura historicamente atuou como vetor de fragmentação e degradação ambiental (Ramboll 2023).

Por fim, no campo do ODS 15, verificou-se aderência decorrente das ações de manejo, resgate e realocação de fauna previstas no projeto. Esses procedimentos atendem a recomendações que apontam a mortalidade por atropelamento e a perda de habitat como impactos recorrentes em rodovias. No Semiárido, cuja fauna tem sua mobilidade fortemente condicionada por marcadores naturais e hídricos, como manchas de vegetação mais densa e corpos d'água intermitentes, a manutenção de conectividade ecológica exige atenção específica ao desenho e à operação de rodovias (Santos et al. 2023). Nesse contexto, a integração entre engenharia rodoviária, ecologia de paisagens e gestão adaptativa emerge como elemento crítico para evitar fragmentação e promover compatibilidade territorial.

Assim, enquanto as medidas analisadas demonstram solidez técnica no campo da mitigação, a ausência de diretrizes estruturadas para reaproveitamento de resíduos, rastreabilidade energética ou certificações verdes indica que o alinhamento à Agenda 2030 ocorre predominantemente na dimensão operacional, e não na transformacional.

Esse debate reforça que a infraestrutura do futuro precisa ir além da “sustentabilidade neutra”, adotando abordagens regenerativas capazes de apoiar ativamente as metas globais de conservação e de restaurar serviços ecossistêmicos críticos.

Conclui-se que o empreendimento alcança convergência significativa com metas ambientais dos ODS, especialmente nos eixos conservação de recursos naturais, gestão hídrica, conectividade ecológica e resiliência climática. Contudo, tais avanços não eliminam a necessidade de inclusão de instrumentos de inovação tecnológica, circularidade e governança colaborativa, que emergem como demandas estratégicas para o setor de infraestrutura sustentável e para a transição de obras de pavimentação rumo a modelos regenerativos.

3.2 Lacunas estruturais e temáticas identificadas

Embora a análise revele aderência consistente às metas ambientais da Agenda 2030, a matriz de convergência evidencia lacunas estruturais que comprometem o alinhamento integral às três dimensões da sustentabilidade (ambiental, social e econômica) e limitam o potencial transformador do empreendimento. Esse padrão é coerente com o que a literatura internacional tem apontado para o setor da construção e da infraestrutura, no qual os instrumentos de avaliação se mostram mais maduros e institucionalizados no eixo ambiental, enquanto as dimensões social e econômica permanecem menos operacionalizadas e com menor densidade de indicadores (Goh et al. 2020; Gurmu et al. 2022; Nasirzadeh et al. 2020).

A primeira lacuna refere-se à Economia Circular, ausente como diretriz estruturante das ações ambientais previstas. A literatura destaca que o paradigma linear de “extrair, construir e descartar” se tornou insustentável no setor da construção civil, responsável por parcela expressiva das emissões de gases de efeito estufa e da geração de resíduos sólidos em escala global (Geyer et al. 2017; Akbarnejad et al. 2022).

Nesse contexto, estratégias como reuso de materiais, análise geotécnica para reaproveitamento de solos de escavação, comparação de emissões entre alternativas de pavimento e implementação de sistemas de logística reversa têm sido defendidas como elementos-chave para reduzir impactos cumulativos e aproximar obras de infraestrutura de um modelo circular (Bulatović et al. 2022; Sánchez et al. 2023).

No entanto, tais abordagens não se encontram incorporadas de forma robusta no DAB, que carece de metas, indicadores e compromissos explícitos de circularidade. Esse cenário contribui para a baixa aderência substantiva ao ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), cuja convergência permanece predominantemente em nível operacional, limitada ao cumprimento de exigências normativas, sem avançar para compromissos estruturais de transformação do modelo produtivo.

Outra fragilidade diz respeito à ausência de protocolos sistematizados de monitoramento ambiental, elemento-chave nas abordagens contemporâneas de gestão adaptativa. A literatura argumenta que projetos resilientes exigem monitoramento contínuo e retroalimentado, capaz de transformar informações em decisões de manejo ao longo do ciclo de vida do empreendimento, e não apenas em registros pontuais desvinculados da tomada de decisão (Allan e Stanko, 2019; Zecca et al. 2022).

Sem indicadores definidos, periodicidades explícitas, mecanismos de transparência e parâmetros de desempenho, a avaliação de impactos tende a assumir caráter episódico, pouco responsivo às dinâmicas territoriais e às mudanças climáticas em curso, o que enfraquece o potencial de ajustes adaptativos e de correção de rumo (Morgan 2012). Nesse contexto, o alinhamento ao ODS 13 permanece limitado, uma vez que esse objetivo enfatiza estratégias de adaptação, resposta e mitigação baseadas em evidências e em sistemas de monitoramento capazes de demonstrar, ao longo do tempo, a efetividade das medidas implementadas.

No campo social e institucional, a análise indica baixa densidade normativa e programática em governança socioambiental, participação pública e articulação intersetorial. Pesquisas recentes apontam que a dimensão social continua sendo o pilar menos tangibilizado nas avaliações de sustentabilidade, em razão da ausência de métricas consensuais, da fragmentação institucional e da predominância histórica de condicionantes ambientais tradicionais em detrimento de mecanismos de legitimação social (Boonstra et al. 2020; Albrecht e Peters, 2023).

A literatura internacional enfatiza que a sustentabilidade em infraestrutura depende de arranjos de governança capazes de articular coordenação entre atores, corresponsabilidade e integração de políticas públicas em diferentes escalas, evitando a fragmentação decisória que compromete o desempenho socioambiental de grandes projetos (Awuzie e Emuze, 2020). Da mesma forma, estudos demonstram que os problemas sociais se tornaram questões prementes no campo da governança de projetos, e a participação pública tem atraído crescente atenção da academia e da indústria (Xiao e Hao, 2021).

Nesse aspecto, nenhuma menção a parcerias institucionais ou à participação social foram identificadas no DAB. Nesse sentido, a convergência às metas do ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e, sobretudo, do ODS 16 (Paz, Justiça e Instituições Eficazes) permanece limitada, uma vez que tais objetivos requerem transparência, governança colaborativa e instituições eficazes como premissas estruturantes para o desenvolvimento territorial sustentável.

Por fim, observa-se limitação na incorporação de inovação tecnológica, materiais sustentáveis, Soluções Baseadas na Natureza (SbN) e Infraestrutura Verde avançada. Embora práticas básicas de recomposição vegetal e contenção erosiva estejam presentes, a ausência de diretrizes relativas à certificação ambiental, medição de carbono, pavimentos de baixo impacto ou bioengenharia aplicada confirma que o componente ambiental permanece ancorado em abordagens tradicionais de engenharia (Choi et al. 2021). Esse cenário não reduz a relevância das ações previstas, mas evidencia que o alinhamento à Agenda 2030 está mais próximo do cumprimento legal do que da transformação estrutural, deslocando o empreendimento para a zona de conformidade, e não de liderança, em sustentabilidade.

Assim, as lacunas identificadas não inviabilizam a convergência do projeto à Agenda 2030, mas revelam oportunidades estratégicas de qualificação, sobretudo no que diz respeito à integração institucional, circularidade, modernização tecnológica e monitoramento orientado a evidências. O avanço nessas dimensões fortalece a resiliência territorial e aproxima a infraestrutura rodoviária do papel de indutora do desenvolvimento sustentável em regiões semiáridas.

3.3 Recomendações para fortalecimento da convergência com a Agenda 2030

Comentado [A14]: Não está presente na lista de referências

Diante dos achados da matriz de aderência e considerando o diálogo estabelecido com o referencial teórico contemporâneo, é possível delinear recomendações que podem contribuir para o fortalecimento do alinhamento entre o tipo de empreendimento analisado e os princípios da Agenda 2030. Vale destacar que tais recomendações têm potencial para qualificar o empreendimento analisado e aumentar o desempenho socioambiental de obras rodoviárias em regiões semiáridas, aproximando a prática nacional de boas práticas e tendências internacionais.

A primeira recomendação refere-se à incorporação de diretrizes mais estruturadas de Economia Circular. A literatura tem enfatizado que práticas como reaproveitamento de solos e resíduos de construção, reinserção de materiais reciclados nas camadas de pavimento, redução de emissões e análise de ciclo de vida de insumos têm potencial de minimizar custos, reduzir impactos cumulativos e promover maior eficiência material (Zhao et al. 2021; Liu et al. 2022).

Nesse sentido, a aproximação às metas do ODS 12, especialmente aquelas voltadas à gestão sustentável de resíduos, à eficiência material e à redução da geração de resíduos por meio de prevenção, reciclagem e reuso, dependeria não apenas de ações pontuais, mas da transição de modelos tradicionais de suprimento e descarte para modelos circulares de gestão de recursos, ainda pouco institucionalizados em empreendimentos viários no Brasil.

Outra recomendação diz respeito à estruturação de sistemas contínuos de monitoramento ambiental, concebidos como processos dinâmicos de retroalimentação no âmbito da gestão adaptativa, e não apenas como etapas pontuais de reporte. A literatura indica que o monitoramento efetivo envolve a definição de indicadores claros, séries temporais e periodicidade bem estabelecidas, o uso de plataformas digitais para registro, integração e análise dos dados, bem como mecanismos formais de correção adaptativa sempre que os resultados se afastam das metas ou padrões de desempenho ambiental (Ncube e Ngulube, 2024).

Em contextos de alta variabilidade climática como o Semiárido, tais sistemas podem se tornar instrumentos-chave para reduzir incertezas e aprimorar decisões. Assim, ampliar a aderência ao ODS 13 e ao ODS 15 em temas como gestão de riscos e desastres naturais e manejo sustentável do solo e dos ecossistemas depende, parcialmente, da capacidade de transformar o monitoramento em subsídio operacional e estratégico.

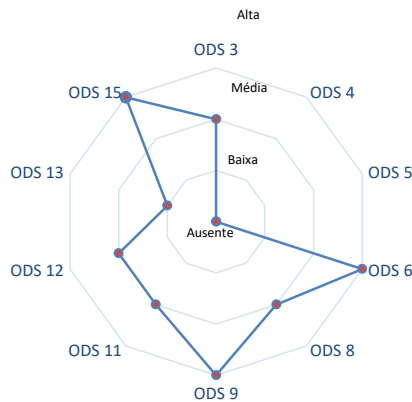
O fortalecimento da governança socioambiental surge igualmente como área estratégica. Embora o documento aborde efeitos indiretos sobre comunidades, o estudo indicou que ainda são incipientes os mecanismos formais de participação social, comunicação estruturada e articulação interinstitucional. Processos colaborativos tendem a fortalecer legitimidade, reduzir conflitos e gerar soluções mais aderentes ao território (Nasirzadeh et al. 2020). Nesse sentido, a ampliação da aderência aos ODS 11 (ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 16 (Paz, Justiça e Instituições Eficazes) poderia ser favorecida por arranjos participativos que envolvam atores locais, comitês, conselhos e representantes comunitários, especialmente em áreas que sofrem impactos diretos ou cumulativos.

Por fim, recomenda-se o aprofundamento do uso de Soluções Baseadas na Natureza e de Infraestrutura Verde avançada, não apenas como medida de mitigação, mas como parte do planejamento e do desenho territorial da obra. Estudos recentes indicam que estratégias como recuperação de margens com bioengenharia, corredores ecológicos e dispositivos permeáveis podem ampliar benefícios ecossistêmicos, reduzir custos de manutenção e contribuir para a resiliência climática em longo prazo (Choi et al. 2021). Em projetos rodoviários no Semiárido, tais abordagens parecem especialmente promissoras, dada a sensibilidade hidrológica e ecológica da região.

Para fins de síntese visual, o Gráfico 1 representa o maior nível de aderência observado entre as metas analisadas para cada ODS. Essa abordagem permite uma leitura panorâmica do potencial de contribuição do empreendimento, ainda que reconheça a existência de heterogeneidade interna entre metas.

Gráfico 1 Avaliação da Aderência do Projeto às Metas dos ODS

Comentado [A15]: a



Assim, por exemplo, no caso do ODS 9, embora tenha sido identificada ausência de aderência à meta 9.5 (fomento à inovação), foi constatada aderência alta à meta 9.1 (infraestrutura resiliente e acessível). Dessa forma, o ODS 9 é representado como “Alta Aderência” no gráfico radar, pois possui potencial concreto de contribuição ao desenvolvimento sustentável dentro de sua estrutura de metas, ainda que não de forma integral. Essa escolha metodológica não elimina a necessidade de aperfeiçoamento interno entre metas de um mesmo objetivo, mas contribui para ilustrar como determinados ODS podem se mostrar mais receptivos ao avanço de políticas públicas, tecnologias ou práticas específicas.

4. CONCLUSÃO/ CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa avaliou o alinhamento do componente ambiental de um projeto rodoviário no Semiárido baiano às metas da Agenda 2030. Os resultados mostraram que o empreendimento apresenta forte convergência com os ODS ambientais, especialmente aqueles relacionados à conservação do solo, da água, da vegetação e da fauna. As ações previstas demonstram compromisso com a mitigação de impactos e com a proteção ambiental, confirmando o atendimento ao objetivo geral da pesquisa.

Ao mesmo tempo, foram identificadas lacunas significativas no monitoramento ambiental, na adoção de práticas de economia circular e na integração socioinstitucional. Esses pontos limitaram a convergência plena às dimensões social e econômica da sustentabilidade, alcançando também os objetivos específicos da investigação.

A metodologia empregada, combinando análise de conteúdo e matriz de avaliação com base nos ODS, demonstrou elevado potencial de reprodutibilidade. Trata-se de um procedimento simples, transparente e facilmente aplicável a outros projetos de infraestrutura, permitindo comparações sistemáticas e avaliações consistentes em diferentes contextos territoriais.

Como continuidade, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem o foco para a dimensão social da sustentabilidade, investigando a participação comunitária, a comunicação social e a governança ambiental. Também seria relevante aprofundar estudos sobre o ciclo de vida de materiais, economia circular e soluções baseadas na natureza, temas que podem complementar e enriquecer o diagnóstico aqui realizado.

Comentado [A16]: Projeto do empreendimento...

Comentado [A17]: Expor que a aplicação da metodologia tem como a limitação a dependência de uma opinião de especialista na temática

Comentado [A18]: Apenas as pesquisas ou os projetos futuros também?

Em síntese, conclui-se que o projeto apresenta um alinhamento ambiental consistente, mas ainda parcial, à Agenda 2030. O fortalecimento de práticas inovadoras, integradas e de monitoramento contínuo poderá ampliar o potencial sustentável do empreendimento e contribuir para a evolução das práticas de gestão ambiental na infraestrutura rodoviária brasileira.

5. REFERÊNCIAS

- AGENDA 2030. Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Organização das Nações Unidas, 2015. Disponível em: <https://encurtador.com.br/PRYQ>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- AKBARNEJAD, A. et al. Construction and demolition waste generation and circular economy practices in the construction sector: a global review. *Journal of Cleaner Production*, v. 379, 134762, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134762>>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- ALLAN, C.; STANKO, J. Adaptive management of social-ecological systems: exploring the concept and its implications for natural resource management. *Ecology and Society*, v. 24, n. 2, 2019. Disponível em: <https://www.ecologyandsociety.org/vol24/iss2/art3/>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- AWUZIE, B.; EMUZE, F. Conceptualizing Sustainability Governance in the Context of Infrastructure Project Delivery. *Sustainability*, v. 12, n. 3, 961, 2020. Disponível em: <https://shre.ink/qt0C>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- BARBHUIYA, S.; QURESHI, T.; DAS, B. B. Advancing sustainable pavements: a review of low-carbon construction materials and practices. *Discover Concrete and Cement*, v. 1, art. 19, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s44416-025-00020-w>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- BARBIERI, J. C. Desenvolvimento sustentável: das origens à Agenda 2030. 1. ed. Petrópolis: Vozes, 2020.
- BARDIN, Laurence. Análise de Conteúdo. 1.ed. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BOONSTRA, W. J.; et al. The social dimension of sustainability in development projects: challenges and emerging perspectives. *Sustainable Development*, v. 28, n. 6, p. 1523–1537, 2020. Disponível em: <https://shre.ink/qt0m>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- BULATOVIĆ, V. et al. Reuse of excavated soils in infrastructure projects: environmental and geotechnical considerations. *Sustainability*, v. 14, 10245, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/su141610245>>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- CHOI, C. et al. The climate benefits, co-benefits, and trade-offs of green infrastructure: a systematic literature review. *Journal of Environmental Management*, v. 293, 112837, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0301479721006459>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- DURDYEV, S.; HOSSEINI, M. R.; MARTEK, I. Barriers to sustainable construction in developing countries: Social and cultural dimensions. *Journal of Cleaner Production*, v. 201, p. 465–473, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.305>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- FARIAS, T. R. L. et al. Unpaved rural roads as source areas of sediment in a watershed of the Brazilian semi-arid region. *International Journal of Sediment Research*, v. 34, n. 5, p. 427–438, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijsrc.2019.03.002>. Acesso em: 06 dez. 2025.

- 496 GEYER, R.; JAMBECK, J. R.; LAW, K. L. Production, use, and fate of all plastics ever
497 made. *Science Advances*, v. 3, n. 7, e1700782, 2017. Disponível em:
498 <<https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 499 GOH, C. S.; CHONG, H.-Y.; JACK, L.; MOHD FARIS, A. F. Revisiting triple bottom line
500 within the context of sustainable construction: a systematic review. *Journal of Cleaner*
501 *Production*, v. 252, art. 119884, 2020. Disponível em:
502 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119884>. Acesso em: 6 dez. 2025.
- 503 GURMU, A. et al. The state of play regarding the social sustainability of the construction
504 industry: a systematic review. *Journal of Housing and the Built Environment*, v. 37, p. 595–
505 624, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10901-022-09941-5>. Acesso em: 6 dez.
506 2025.
- 507 LIU, N. et al. Road life-cycle carbon dioxide emissions and emission reduction technologies:
508 a review. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, v. 9, n. 4, p.
509 532-555, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2022.06.001>. Acesso em: 06 dez.
510 2025.
- 511 MANTALOVAS, K.; DI MINO, G. The Sustainability of Reclaimed Asphalt as a Resource
512 for Road Pavement Management through a Circular Economic Model. *Sustainability*, v. 11, n.
513 8, 2234, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su11082234>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 514 MITOULIS, S. A. Sustainability and climate resilience metrics and trade-offs for
515 infrastructure. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 116, 103621,
516 2023. Disponível em: www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1361920923001979.
517 Acesso em: 06 dez. 2025.
- 518 MORGAN, R. K. Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assessment*
519 *and Project Appraisal*, v. 30, n. 1, p. 5–14, 2012. Disponível em:
520 <<https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 521 MUSHTAQ, M.; et al. Climate Adaptation of Roads to Flooding Hazards - A Review.
522 *Infrastructures*, v. 9, n. 4, art. 41, 2024. Disponível em:
523 <https://doi.org/10.3390/infrastructures9040041>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 524 NASIRZADEH, F.; RAHIMI, R.; KHANMOHAMMADI, S. Social sustainability in
525 infrastructure projects: assessment challenges and perspectives. *Sustainable Development*, v.
526 28, n. 6, p. 1429–1442, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/sd.2119>. Acesso em: 06
527 dez. 2025.
- 528 NCUBE, M. M.; NGULUBE, P. Enhancing environmental decision-making: a systematic
529 review of data analytics applications in monitoring and management. *Discover Sustainability*,
530 v. 5, art. 290, 2024. Disponível em: <https://shre.ink/qt0t>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 531 OECD. *Governance for Sustainable Infrastructure*. Paris: OECD Publishing, 2021.
- 532 O’FAIRCHEALLAIGH, C. Social impact assessment and Indigenous rights: challenges in
533 measuring long-term outcomes. *Impact Assessment and Project Appraisal*, v. 39, n. 5, p. 396–
534 408, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/14615517.2021.1871933>. Acesso em: 06
535 dez. 2025.
- 536 OLIVEIRA, V. L. C. et al. Soil erosion vulnerability in Brazilian semiarid. *Revista Brasileira*
537 *de Geomorfologia*, v. 25, n. 2, 2024. Disponível em:
538 <https://doi.org/10.20502/rbgeomorfologia.v25i2.2451>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 539 PASETTO, M.; HAIDER, S.; PASQUINI, E. Circular Economy for Transport Infrastructure:
540 An Overview of the Sustainable Use of Recycled Asphalt Shingles in Asphalt Mixtures.

- 541 Applied Sciences, v. 14, n. 22, 10145, 2024. Disponível em:
542 <https://doi.org/10.3390/app142210145>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 543 RAMBOLL. Why we must apply a regenerative approach to infrastructure. Copenhagen:
544 Ramboll, 2023. Disponível em: [https://www.ramboll.com/en-gb/insights/decarbonise-for-net-](https://www.ramboll.com/en-gb/insights/decarbonise-for-net-zero/why-we-must-apply-a-regenerative-approach-to-infrastructure)
545 [zero/why-we-must-apply-a-regenerative-approach-to-infrastructure\](https://www.ramboll.com/en-gb/insights/decarbonise-for-net-zero/why-we-must-apply-a-regenerative-approach-to-infrastructure). Acesso em: 06 dez.
546 2025.
- 547 ROUSSEAU, L. S. A. et al. Material stock and embodied greenhouse gas emissions of global
548 and urban road pavement. *Environmental Science & Technology*, v. 56, p. 18050-18059,
549 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c05255>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 550 SÁNCHEZ, A.; INOUE, T.; DÍAZ, A. Circular economy strategies in road pavement
551 construction: a review of material reuse and environmental performance. *Resources,*
552 *Conservation and Recycling*, v. 188, 106654, 2023. Disponível em:
553 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106654>>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 554 SANTOS, R. et al. **Mammalian roadkill in a semi-arid region of Brazil.** *Diversity*, v. 15, n.
555 6, 780, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-2818/15/6/780>. Acesso em: 06
556 dez. 2025.
- 557 SHEN, L.; LI, H.; WU, Y. **A review of social sustainability assessment in construction.**
558 *Journal of Cleaner Production*, v. 278, 2021. Disponível em:
559 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123438>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 560 WANG, J.; et al. Climate change impact and adaptation assessment for road drainage systems
561 using a probabilistic scenario-based model. *Journal of Environmental Management*, v. 356,
562 120252, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120252>\. Acesso em:
563 06 dez. 2025.
- 564 XIAO, H.; HAO, S. Public participation in infrastructure projects: an integrative review and
565 prospects for the future research. *Engineering, Construction & Architectural Management*.
566 2021. Disponível em: <https://shre.ink/qtJ5>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 567 YU, Y. et al. A systematic literature review on Circular Economy implementation in the
568 construction industry: current status and future directions. *Resources, Conservation and*
569 *Recycling*, v. 186, 106529, 2022.
570 Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106529>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 571 ZECCA, M. et al. Monitoring indicators for climate-resilient infrastructure: a framework for
572 adaptive decision-making. *Climate Risk Management*, v. 36, 100441, 2022. Disponível em:
573 <https://doi.org/10.1016/j.crm.2022.100441>>. Acesso em: 06 dez. 2025.
- 574 ZHAO, Y.; GOULIAS, D.; PETERSON, D. Recycled Asphalt Pavement Materials in Transport
575 Pavement Infrastructure: Sustainability Analysis & Metrics. *Sustainability*, v. 13, n. 14, P.
576 8071, 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/14/8071>.