

## **Mapa de Complexidade Socioambiental para Empreendimentos Rodoviários em Santa Catarina – Brasil**

*Socio-environmental Complexity Map for Roadway Projects in Santa Catarina - Brazil*

*Mapa de Complejidad Socioambiental para Proyectos Viales en Santa Catarina – Brasil*

Edinei Coser<sup>1</sup>

Kleber Isaac Silva de Souza<sup>2</sup>

Catia Regina Silva de Carvalho Pinto<sup>3</sup>

---

**RESUMO:** Embora essencial para o desenvolvimento nacional e regional, a implantação de rodovias provoca alterações significativas na paisagem e gera impactos ambientais negativos que demandam mitigação por meio do licenciamento ambiental. A antecipação estratégica desses impactos potenciais é crucial para promover o desenvolvimento sustentável e aumentar a eficiência dos investimentos. Neste contexto, este estudo desenvolveu um mapa de complexidade socioambiental para empreendimentos rodoviários em Santa Catarina. Para isso, foram consultados 22 especialistas, que ponderaram 15 critérios socioambientais por meio de uma análise multicritério baseada na Análise Hierárquica de Processos (AHP), com adaptações metodológicas para reduzir a subjetividade. Esses critérios foram utilizados para criar uma superfície de custo ambiental, aplicando álgebra de mapas para todo o território catarinense. Como resultado, a ferramenta identificou áreas de maior sensibilidade ambiental no estado, como a ilha de Santa Catarina, a região oeste e as áreas serranas. O mapa desenvolvido oferece aos gestores públicos uma visão estratégica do território, auxiliando na elaboração de programas de investimento e na avaliação da malha viária estadual, além de aprimorar a contratação de estudos ambientais para estudos rodoviários.

**PALAVRAS-CHAVES:** rodovias; avaliação de impactos ambientais; sistema de informação geográfica; análise espacial multicritério.

---

<sup>1</sup> Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Servidor público na Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade de Santa Catarina (SIE). E-mail: edinei.acm@gmail.com.

<sup>2</sup> Doutorado em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental e no Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). E-mail: kleber\_i@yahoo.com.

<sup>3</sup> Doutorado em Engenharia Ambiental pela UFSC. Professora no Departamento de Engenharias da Mobilidade da UFSC. E-mail: catia.carvalho@ufsc.br.

**ABSTRACT:** *While essential for national and regional development, the implementation of highways causes significant landscape changes and generates negative environmental impacts that require mitigation through environmental licensing. The strategic anticipation of these potential impacts is crucial to promote sustainable development and increase investment efficiency. In this context, this study developed a socio-environmental complexity map for road projects in Santa Catarina. For this purpose, 22 specialists were consulted, who weighed 15 socio-environmental criteria through a multi-criteria analysis based on the Analytic Hierarchy Process (AHP), with methodological adaptations to reduce subjectivity. These criteria were used to create an environmental cost surface, applying map algebra to the entire Santa Catarina territory. As a result, the tool identified areas of greater environmental sensitivity in the state, such as the island of Santa Catarina, the western region, and the mountainous areas. The developed map offers public managers a strategic view of the territory, assisting in the elaboration of investment programs and the evaluation of the state road network, in addition to improving the contracting of environmental studies for road studies*

**KEYWORDS:** *roads; environmental impact assessment; geographic information system; multi-criteria spatial analysis.*

**RESUMEN:** *Aunque esencial para el desarrollo nacional y regional, la implementación de carreteras provoca cambios significativos en el paisaje y genera impactos ambientales negativos que requieren mitigación a través del licenciamiento ambiental. La anticipación estratégica de estos posibles impactos es crucial para promover el desarrollo sostenible y aumentar la eficiencia de las inversiones. Así, este estudio desarrolló un mapa de complejidad socioambiental para proyectos de carreteras en Santa Catarina. Para ello, se consultó a 22 especialistas, quienes ponderaron 15 criterios socioambientales mediante un análisis multicriterio basado en el Proceso de Jerarquía Analítica (AHP), con adaptaciones metodológicas para reducir la subjetividad. Estos criterios se utilizaron para crear una superficie de costo ambiental, aplicando álgebra de mapas a todo el territorio de Santa Catarina. Como resultado, la herramienta identificó áreas de mayor sensibilidad ambiental en el estado, como la isla de Santa Catarina, la región occidental y las zonas montañosas. El mapa desarrollado ofrece a los gestores públicos una visión estratégica del territorio, ayudando en la elaboración de programas de inversión y la evaluación de la red de carreteras estatal, además de mejorar la contratación de estudios ambientales para estudios de carreteras.*

**PALABRAS-CLAVE:** *carreteras; evaluación de impacto ambiental; sistema de información geográfica; análisis espacial multicriterio.*

---

## INTRODUÇÃO

A implantação de rodovias é crucial para o desenvolvimento socioeconômico, especialmente em países em desenvolvimento (Laurance *et al.*, 2014; Ng *et al.*, 2020; Sharma *et al.*, 2024; Xu, 2024). As rodovias facilitam o acesso a bens e serviços, expandem mercados e viabilizam o transporte de cargas e passageiros, impulsionando o progresso nacional (Wang *et al.*, 2020), no entanto, a expansão da malha rodoviária exige atenção aos diversos impactos socioambientais negativos de empreendimentos viários (Laurence; Balmford, 2013; Tisler; Teixeira; Nobrega, 2022), especialmente nas fases de planejamento e projeto.

O Sistema Nacional de Viação (SNV) brasileiro, com 1.720.909 quilômetros de extensão, possui apenas 12,4% de rodovias pavimentadas (CNT, 2024). Em Santa Catarina, a situação é similar: dos 101.547,3 quilômetros da malha rodoviária, cerca de 88% são

rodovias não pavimentadas, a maioria sob jurisdição municipal (Santa Catarina, 2024c). Essa situação, aliada à má qualidade das rodovias, eleva os custos para os setores público e privado, compromete a segurança dos usuários, dificulta o desenvolvimento regional e pode ocasionar problemas sociais, como o acesso limitado da população a serviços essenciais (CNT, 2024).

A qualidade da infraestrutura rodoviária impacta diretamente o desempenho ambiental dos veículos e a eficiência energética no setor de transporte, o qual respondeu por 35% do consumo de energia no Brasil em 2023 (Brasil, 2023). Segundo CNT (2024), com o aumento da frota de veículos (44% no Brasil entre 2013 e 2023, sendo 40,6% na região Sul), a necessidade de investimentos em rodovias torna-se ainda mais urgente.

Para tanto, a avaliação de impactos ambientais é crucial para o planejamento, concepção e execução de obras rodoviárias, garantindo o desenvolvimento sustentável e minimizando impactos negativos como perda e fragmentação de habitats, deslizamentos de terra, atropelamentos de fauna, desflorestamento e alterações na cobertura do solo (Kirschbaum; Stanley, 2018; Kuncoro; Wurarah; Erari, 2024; Ng *et al.*, 2020). De acordo com Ree, Smith e Grilo (2015), a extensão e a intensidade desses impactos dependem de fatores como uso e ocupação do solo, topografia, hidrografia e tipo de vegetação.

Apesar da importância da avaliação de impactos ambientais, estudos indicam falhas nesse processo no Brasil (Dias *et al.*, 2022). Entretanto, ferramentas de geoprocessamento aliadas à análise multicritério auxiliam na avaliação dos impactos ambientais, identificando áreas com maior complexidade ambiental e subsidiando a escolha de traçados com menor custo ambiental e econômico (Mondal *et al.*, 2021; Singh; Singh; Singh, 2019; Wu; Li, 2022).

Com o aumento dos investimentos e a consideração mais precisa dos impactos ambientais para evitá-los ou minimizá-los, a atuação de auditores técnicos tende a crescer. Isso exigirá dos gestores públicos um aprimoramento contínuo, atenção rigorosa aos procedimentos e planejamento mais eficiente das obras públicas, pautado em critérios de sustentabilidade (Teixeira; Azevedo, 2013). No entanto, a questão ambiental é marcada por uma considerável subjetividade, o que demanda estudos técnicos constantes para fornecer diretrizes e informações que possam subsidiar as decisões dos gestores.

Ferramentas de apoio tornam-se ainda mais essenciais no Brasil com a entrada em vigor da Lei nº 14.133/2021 (Brasil, 2021), que eleva a promoção do desenvolvimento sustentável ao status de princípio, o que implica que os gestores públicos devem considerá-lo em suas decisões, transcendendo o enfoque exclusivo em critérios de economicidade e técnica que prevaleciam na norma anterior.

Nesse contexto, o objetivo do trabalho consiste na elaboração de Mapa de Complexidade Socioambiental, o qual pode ser utilizado como uma importante ferramenta para auxiliar na tomada de decisão, no planejamento de investimentos, na otimização da

análise de estudos ambientais e na promoção de um desenvolvimento mais sustentável e eficiente da malha viária do estado de Santa Catarina.

## CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área objeto é o estado de Santa Catarina, localizado na região Sul do Brasil. A rede viária estadual totaliza 8.377 quilômetros, dos quais 62% estão pavimentados, enquanto 722 quilômetros permanecem sem pavimentação (Santa Catarina, 2024c). A Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade (SIE), órgão estadual responsável pela infraestrutura rodoviária estadual, no âmbito do planejamento e manutenção rodoviária, divide o território em oito coordenadorias regionais descentralizadas (Figura 1).

**Figura 1** – Delimitação da área de estudo, identificação do sistema rodoviário estadual e localização das Coordenadorias Regionais de Infraestrutura, Santa Catarina



Fonte: Os autores, com dados de Santa Catarina (2024a) e DNIT (Brasil, 2024g).

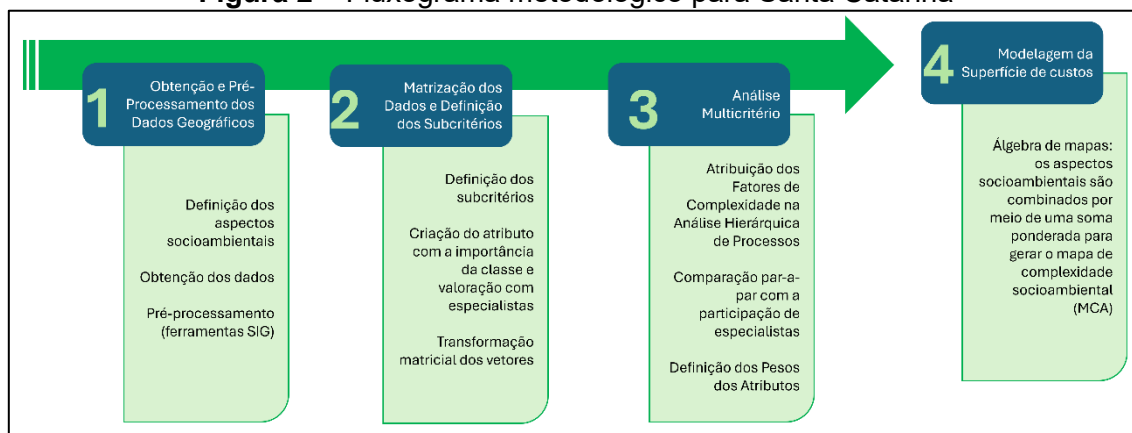
## METODOLOGIA

O fluxograma metodológico (Figura 2) foi inspirado nos trabalhos de Nobrega *et al.* (2016) e Wu e Li (2022). A Etapa 1 consistiu na definição e obtenção das variáveis do modelo,



sendo consideradas 15 variáveis (Quadro 2), considerando apenas aspectos socioambientais de fontes oficiais e dados abertos.

**Figura 2 – Fluxograma metodológico para Santa Catarina**



**Fonte:** Os autores, adaptado de Nobrega *et al.* (2016).

Para a Etapa 2, os subcritérios foram definidos com base em revisão bibliográfica e nos estudos ambientais de projetos viários estaduais, visando abranger os principais fatores socioambientais relevantes para empreendimentos rodoviários. Para a ponderação, 22 especialistas foram selecionados, incluindo cinco representantes de órgãos ambientais, sete de empreendedores públicos e 10 consultores do terceiro setor, garantindo uma visão multisetorial. Cada especialista atribuiu notas de 1 a 10 para os subcritérios, sendo 10 o valor correspondente à maior complexidade. As notas foram consolidadas por meio da média, excluindo outliers identificados pelo método dos dois desvios padrões, para garantir a robustez dos resultados. Os valores foram utilizados para reclassificar os arquivos matriciais ou rasterizar os arquivos vetoriais no *Software QGIS versão 3.22.5-Białowieża*, utilizando uma resolução espacial de 10 metros.

A Etapa 3 consistiu na análise multicritério para a obtenção dos pesos de cada variável, realizada com base na metodologia da Análise Hierárquica de Processos (AHP) (Saaty; Vargas, 2001) (Figura 3).

A obtenção dos valores numéricos da escala linguística (Quadro 2) é dada considerando a possibilidade de o critério ocasionar um Fator de Complexidade (FC) (Quadro 3). Para tanto, os 22 especialistas correlacionaram cada aspecto socioambiental com os FC, indicando se um fator é:

- "Provável", ou seja, possui alta probabilidade de ocorrer para o AS;
- "Possível", ou seja, possui moderada probabilidade de ocorrer o AS; ou
- "Improvável", ou seja, possui baixa ou nenhuma probabilidade de ocorrer para o AS.

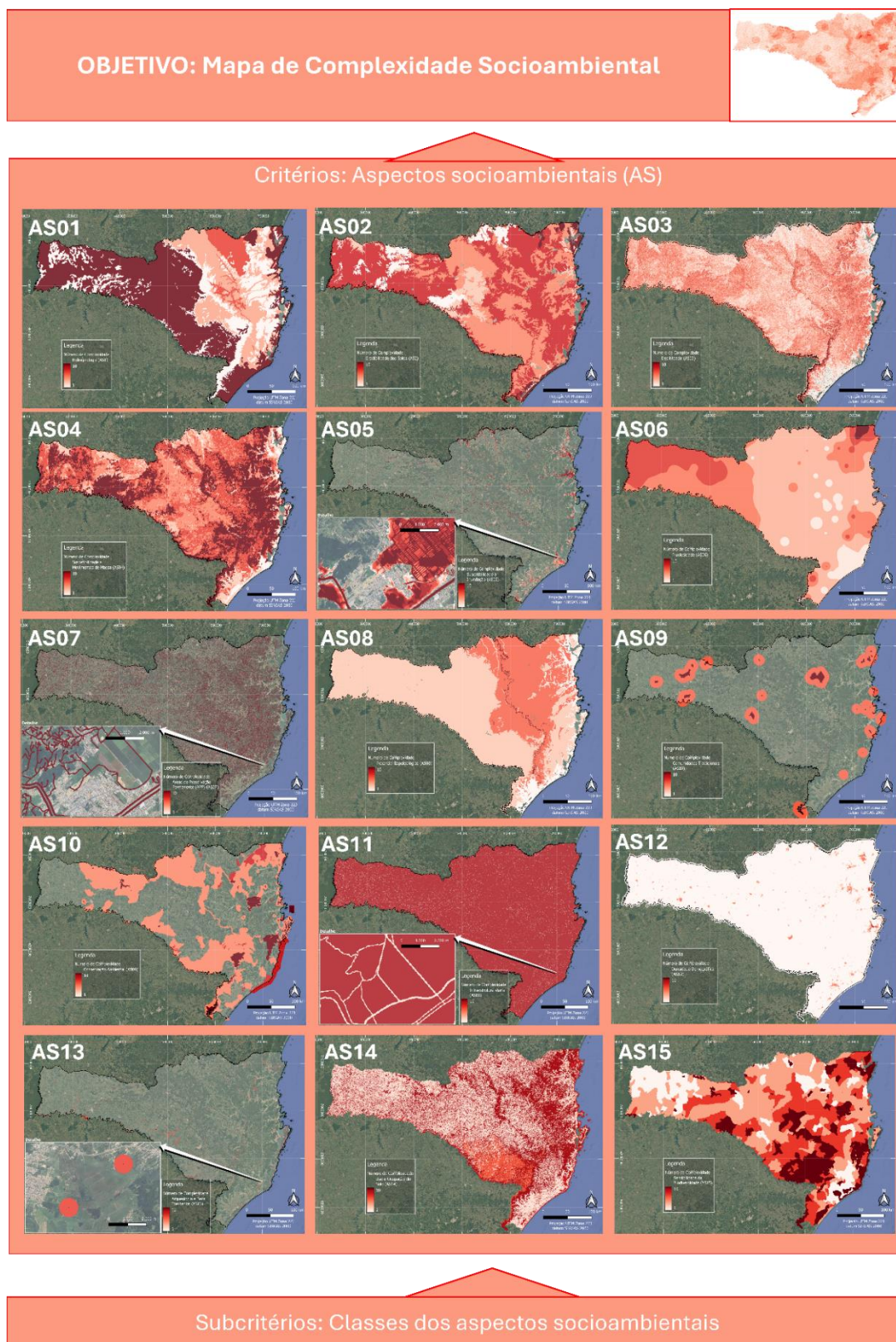
**Quadro 1 – Aspectos Socioambientais (AS) selecionados e fonte dos dados**

ID	Aspecto socioambiental	Fonte
AS01	Hidrogeologia	Machado (2013)
AS02	Erodibilidade dos solos	Embrapa (2020)
AS03	Declividade	Epagri (2006)
AS04	Suscetibilidade a Deslizamentos	IBGE (2019)
AS05	Suscetibilidade à Inundação	World Bank (2016)
AS06	Pluviosidade	Gotado <i>et al.</i> (2018)
AS07	Áreas de Preservação Permanente de Cursos Hídricos (APP)	FBDS (2023)
AS08	Potencial Espeleológico	Jansen; Cavalcanti; Lamblém (2012) e ICMBio (Brasil, 2024e)
AS09	Conservação Ambiental (Unidades de Conservação, Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, Corredores Ecológicos e Zonas de Amortecimento).	Brasil (2024d), IMA (Santa Catarina (2024b) e Brasil (2018)
AS10	Áreas Tradicionalmente Ocupadas	FUNAI (Brasil, 2024f) e INCRA (Brasil, 2024c)
AS11	Infraestrutura Viária	Santa Catarina (2024c) e DNIT (Brasil, 2024g)
AS12	Densidade Demográfica	IBGE (2016)
AS13	Bens Tombados e Arqueológicos	IPHAN (Brasil, 2024b)
AS14	Uso e Ocupação do Solo	MapBiomass (2024)
AS15	Sensibilidade da Biodiversidade	ICMBio (Brasil, 2018)

**Fonte:** Os autores.

Essas classificações foram traduzidas em valores numéricos, sendo: 1,00 (provável), 0,75 (possível) e 0,00 (improvável). O valor de complexidade para cada Aspecto Socioambiental é a soma dos valores, indo de 0 a 9. Dessa forma, o valor da comparação par-a-par entre as variáveis é dado numericamente pela diferença absoluta entre os valores de complexidade dos critérios, adicionando o valor 1 à diferença para que os valores estejam no intervalo entre 1 e 9. Assim, a metodologia minimiza a subjetividade e garante a consistência da matriz de comparação. Os pesos de cada aspecto socioambiental foram obtidos por meio da matriz de comparação par-a-par da AHP.

**Figura 3** – Estrutura Hierárquica da Análise Hierárquica de Processos (AHP) para Santa Catarina



**Quadro 2** – Escala linguística de comparação dos critérios par a par para a Análise Hierárquica de Processos (AHP)

Escala linguística	Valor	Explicação Base
Extremamente mais importante	9	Um dos critérios é extremamente importante para o objetivo e a diferença é tão grande que não há comparação realística entre eles.
Bastante mais importante	7	A análise e a experiência mostram que um critério é predominante para o objetivo.
Muito mais importante	5	A análise e a experiência mostram que um critério é claramente mais importante que o outro para o objetivo.
Pouco mais importante	3	A análise e a experiência mostram que um critério é um pouco mais importante que o outro.
Igual importância	1	Os dois critérios contribuem de forma idêntica ao objetivo.
Valores intermediários	2, 4, 6 e 8	Quando não é possível classificar conforme os valores anteriores, apresentam um grau extra de incerteza.

**Fonte:** adaptado de Saaty e Vargas (2001).

Na Etapa 4, para a obtenção do mapa de complexidade socioambiental (MCA), foi executado álgebra de mapas aplicadas aos arquivos matriciais obtidos na Etapa 2 considerando os pesos obtidos na Etapa 3, utilizando a Equação 1, com apoio de linguagem Python.

$$MCA = \sum_{i=1}^{15} NC_{AS_i} \times W_{AS_i} \quad \text{Equação (1)}$$

Onde:

$MCA$  é o valor do *pixel* do mapa de complexidade socioambiental

$NC_{AS_i}$  é a valor do *pixel* do Aspecto Socioambiental  $i$  (Etapa 2)

$W_{AS_i}$  é o peso do Aspecto Socioambiental  $i$  (Etapa 3)



**Quadro 3 – Fatores de Complexidade (FC) propostos**

FC	Característica	Descrição
FC1	Estudo de Impacto ambiental e Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA)	Considera a possibilidade do aspecto socioambiental (AS) gerar a necessidade de elaboração de EIA/RIMA, o rito previsto na legislação.
FC2	Compensação Ambiental	Considera a possibilidade de o AS gerar a necessidade de executar compensação ambiental, pecuniária ou não.
FC3	Estudos Complementares	Considera a possibilidade do AS gerar a necessidade de elaboração de estudos complementares que podem ser solicitados pelos órgãos ambientais e intervenientes, de acordo com alguma particularidade, como, por exemplo, estudo cavernícola, Componente Indígena do EIA ou do Plano Básico Ambiental (PBA), inventário florestal, estudo arqueológico, modelagem hidrodinâmica, avaliações especiais geotécnicas, estudos populacionais de fauna, estudo de remediação ambiental.
FC4	Aumento de Prazo	Considera a possibilidade do AS ocasionar o aumento do prazo no licenciamento ambiental ou na execução da obra.
FC5	Custos de Programas e Medidas Ambientais	Considera a possibilidade do AS requerer a previsão e execução de programas e medidas ambientais que gerem custos consideráveis.
FC6	Custos Ambientais de Operação	Considera a possibilidade do AS gerar custos para medidas a serem implantadas na fase de operação do empreendimento.
FC7	Participação de outros entes	Considera a possibilidade do AS atrair a participação de outros entes no processo, como o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN), Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), órgão gestor de Unidade de Conservação (UC), população (consultas e audiências públicas).
FC8	Alteração de Traçado	Considera a possibilidade do AS gerar a necessidade de alteração do traçado rodoviário ou criação de variante.
FC9	Restrição na Legislação Ambiental	Considera se um AS gera uma restrição socioambiental expressa na legislação ambiental em vigor.

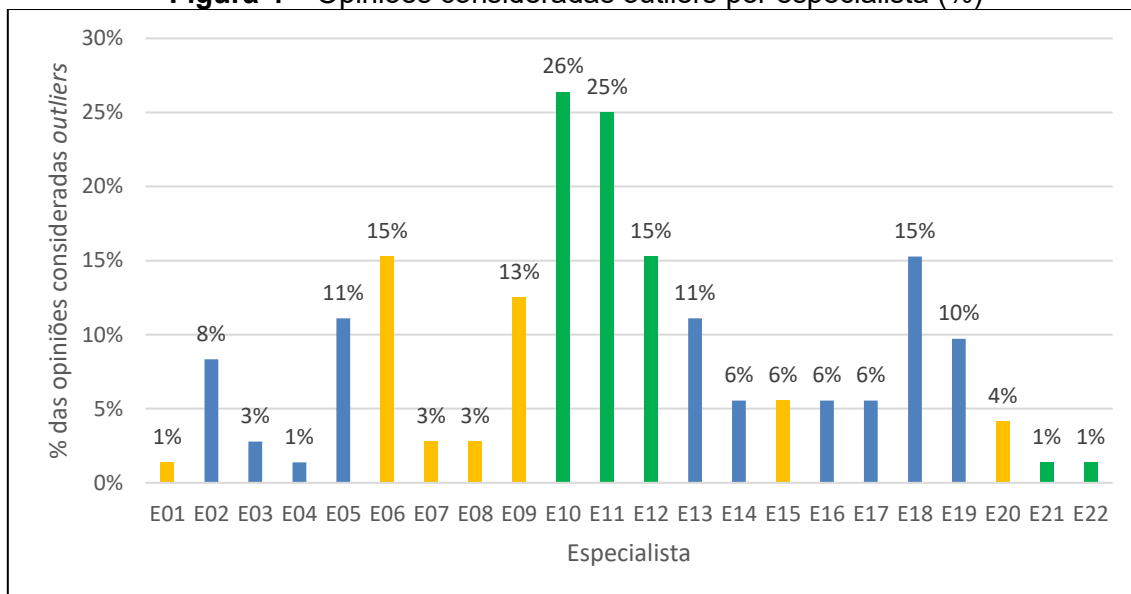
Fonte: Os autores.

## RESULTADOS – AVALIAÇÃO DA PARTICIPAÇÃO DOS ESPECIALISTAS

A avaliação dos subcritérios totalizou 1.573 opiniões dos especialistas, das quais 72 foram consideradas *outliers* (Figura 4). De maneira geral, consultores e empreendedores convergiram mais nas opiniões, com as maiores discrepâncias observadas presentes no

grupo referente aos representantes do órgão ambiental, no qual se notou diferenças entre analistas do órgão ambiental estadual (E10, E11 e E12) em relação ao órgão ambiental federal (E21 e E22).

**Figura 4 – Opiniões consideradas outliers por especialista (%)**

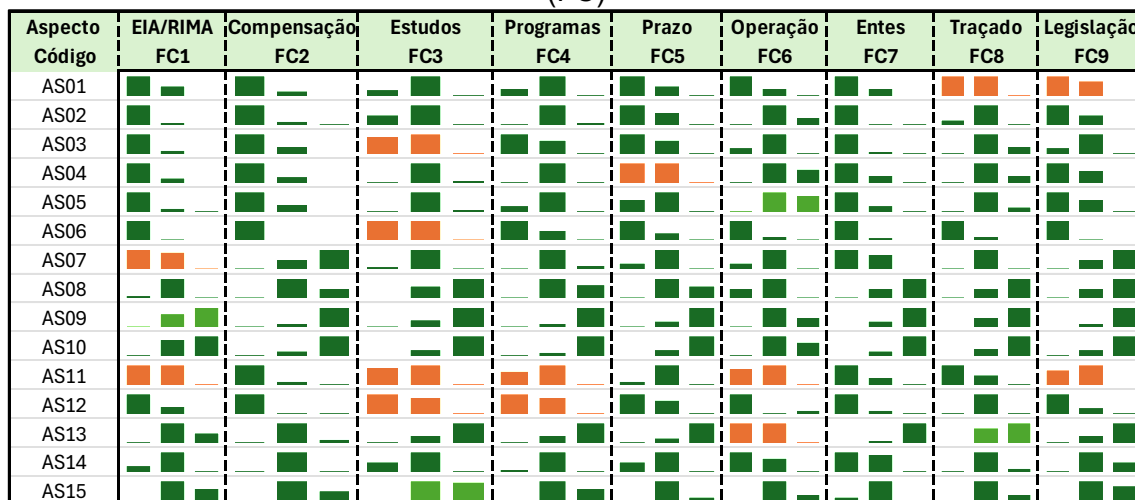


**Fonte:** Os autores.

**Nota:** Consultor: azul; Empreendedor: amarelo; Órgão Ambiental: verde.

Quanto à avaliação dos critérios (ou aspectos socioambientais), foi feito um panorama das opiniões médias considerando todos os especialistas (Figura 5), no qual as barras representam, respectivamente, a quantidade de opiniões em que os especialistas consideraram “Improvável”, “Possível” e “Provável” de um AS gerar um FC.

Alguns fatores geraram possíveis divergências nas opiniões, onde houve uma divisão significativa entre opiniões “Improváveis” e “Possíveis”. Essa situação foi mais proeminente no AS nº 11, que trata da existência de infraestrutura viária, possivelmente por ser uma situação abrangente e aliada também à própria semântica do termo “possível”. Essas situações (destacadas em barras laranjas) representam correlações com maior subjetividade. Entre os fatores de complexidade, a possibilidade de estudos complementares (FC3) foi o que gerou mais dúvidas entre os participantes, porém, esse fator é uma das situações que se esperava melhor convergência devido a aspectos legais que geram a necessidade desses estudos. As opiniões destacadas em barras verde claro sugerem que, para alguns fatores, há um consenso moderado, com opiniões divididas entre “Possível” e “Provável”. No entanto, a maioria das opiniões manteve um padrão claro de diferenciação entre situações “Improváveis” e as demais opções, e em nenhum caso houve quantidades significativas de opiniões “Provável” e “Improvável” na mesma correlação entre FC e AS, o que demonstra, conforme esperado, um consenso mais forte entre os especialistas (barras verde-escuras).

**Figura 5** – Panorama de correlação Aspecto Socioambiental (AS) e Fator de Complexidade (FC)

Fonte: Os autores.

**Nota:** As barras representam as opiniões dos especialistas classificadas como “Improvável”, “Possível” e “Provável”, nessa ordem. As barras laranjas indicam opiniões divergentes (quantidades semelhantes de “Improvável” e “Possível”). As barras verde-claras mostram quantidades semelhantes de opiniões “Possível” e “Provável”. As barras verde-escuras representam opiniões onde não apresenta divergência significativa entre “Provável” e “Improvável”.

Para cada especialista, as probabilidades dos FC foram somadas em cada AS, gerando a Complexidade do Aspecto Socioambiental (CAS) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Valores médios de Complexidade do Aspecto Socioambiental (CAS)

Aspecto	Código	CAS Médio	Desvio Padrão
Hidrogeologia	AS01	3,14	1,87
Erodibilidade dos solos	AS02	3,56	1,54
Declividade	AS03	3,63	1,90
Suscetibilidade a deslizamentos	AS04	4,13	1,51
Suscetibilidade à inunda��o	AS05	4,07	1,87
Pluviosidade	AS06	1,08	0,82
APP cursos hídricos	AS07	5,85	1,50
Potencial espeleológico	AS08	7,38	1,01
Conserva��o ambiental	AS09	8,34	0,57
��reas tradicionalmente ocupadas	AS10	8,26	0,65
Infraestrutura viária	AS11	4,25	2,34
Densidade demográfica	AS12	3,33	2,24
Bens tombados e arqueologia	AS13	7,40	1,14
Uso e ocupa��o do solo	AS14	5,38	2,39
Sensibilidade da biodiversidade	AS15	7,01	1,10

Fonte: Os autores.

Os Aspectos Socioambientais com maior complexidade provável foram AS09, 10, 08, 13 e 15) e o aspecto com menor complexidade foi o AS06. Os desvios padrão apresentados

(Tabela 1) reforçam a subjetividade intrínseca na valoração do grau de significância dos aspectos socioambientais sobre a avaliação de impactos socioambientais, especialmente em relação aos aspectos com os menores pesos.

Já os critérios com a menor variância foram os dois mais preponderantes: Conservação Ambiental, Comunidades Tradicionais, Potencial Espeleológico, e Bens Tombados e Arqueológicos, especialmente por que estes possuem restrições ambientais específicas em legislação que podem ensejar na participação de outros entes no licenciamento ambiental (Brasil, 2000, 2004a; Brasil, 2015; Santa Catarina, 2024b).

Os resultados obtidos com a participação dos especialistas reforçaram a existência de subjetividade intrínseca na avaliação de impactos ambientais e indicam a importância de considerar o maior grupo possível de *stakeholders* no processo de análise e tomada de decisão. A partir dos valores dos CAS (Tabela 1) foram obtidos os pesos (Tabela 2) conforme Etapa 3, utilizados na álgebra de mapas para criação do mapa.

**Tabela 2 – Pesos obtidos**

<b>Aspecto Socioambiental</b>	<b>Código</b>	<b>Peso</b>
Conservação ambiental	AS09	16,98%
Áreas tradicionalmente ocupadas	AS10	16,46%
Bens tombados e arqueológicos	AS13	11,88%
Sensibilidade da biodiversidade	AS15	10,20%
Potencial espeleológico	AS08	11,73%
Uso e ocupação do solo	AS14	5,59%
APP de cursos hídricos	AS07	6,69%
Infraestrutura viária	AS11	3,48%
Suscetibilidade a deslizamentos	AS04	3,27%
Suscetibilidade à inundação	AS05	3,18%
Declividade	AS03	2,58%
Erodibilidade dos solos	AS02	2,50%
Hidrogeologia	AS01	2,07%
Densidade demográfica	AS12	2,25%
Pluviosidade	AS06	1,14%

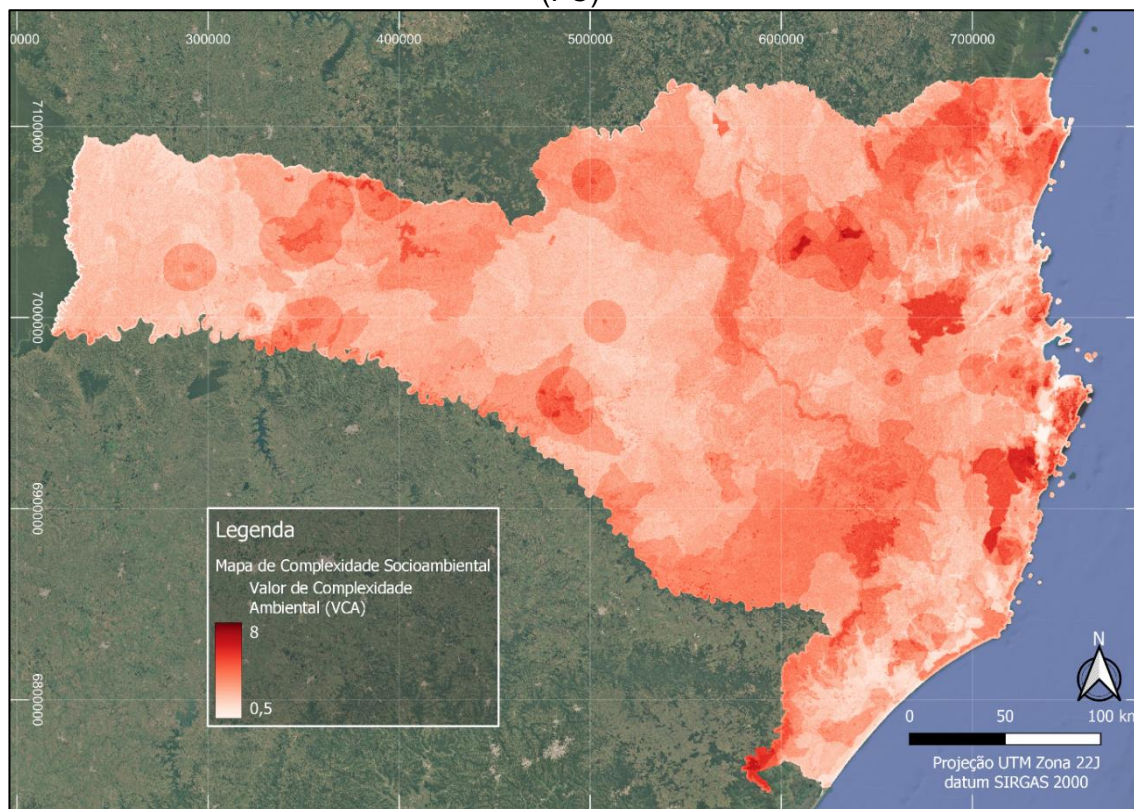
**Fonte:** Os autores.

## RESULTADOS – MAPA DE COMPLEXIDADE SOCIOAMBIENTAL

O Mapa de Complexidade Socioambiental para empreendimentos viários em Santa Catarina (Figura 6) identifica as áreas com maior potencial de restrições e fatores críticos que podem elevar a complexidade no processo de licenciamento ambiental e execução de obras rodoviárias. As informações estão representadas por uma escala contínua de cores, que varia do vermelho intenso — indicando regiões de alta complexidade socioambiental — até tons mais claros, que sinalizam áreas de menor sensibilidade e restrição.



**Figura 6** – Panorama de correlação Aspecto Socioambiental (AS) e Fator de Complexidade (FC)



**Fonte:** Os autores.

É possível destacar, pela sua alta complexidade, as áreas referentes ao Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, ao extremo sul do estado (especialmente pela presença dos Parques Nacionais de Aparados da Serra e Serra Geral), ao nordeste do estado (especialmente na Serra da Dona Francisca), ao vale do Itajaí, devido ao Parque Nacional da Serra do Itajaí e a terra indígena de José Boiteux, à região serrana próximo ao Parque Nacional de São Joaquim e à região oeste próximo a terras indígenas. Destaque especial para a alta complexidade socioambiental na ilha de Florianópolis, onde 41% de seu território é composto por áreas protegidas (Florianópolis, 2024). Além disso, há áreas prioritárias para conservação da biodiversidade e corredores ecológicos, especialmente na região serrana, nordeste do estado e na bacia do rio Chapecó e Chapecozinho, que elevam a complexidade socioambiental.

De maneira geral, as áreas de serra, devido às dificuldades apresentadas pelos terrenos dissecados para a execução das atividades humanas em grande escala, acumulam as maiores áreas com vegetação conservadas, incluindo importantes unidades de conservação estaduais e federais.

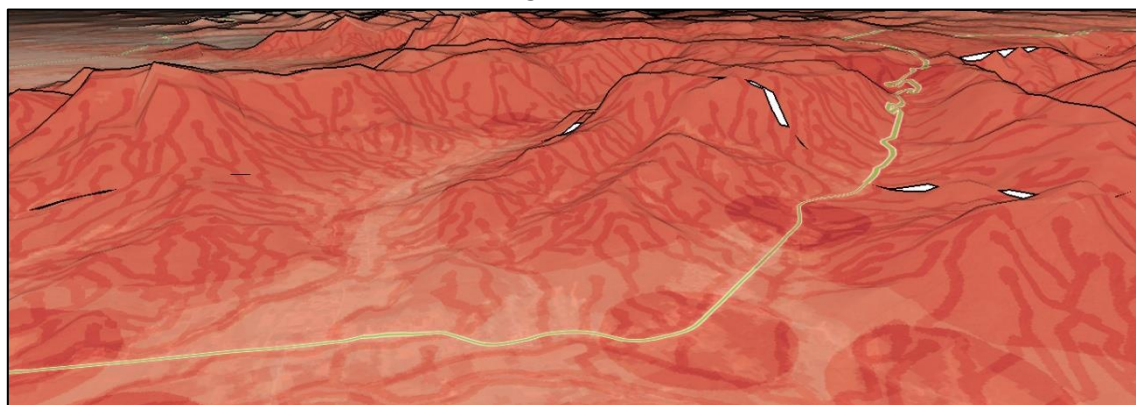
Em contrapartida, as regiões Extremo Oeste, Meio Oeste e partes baixas do Sul do estado apresentam menor complexidade socioambiental. No Extremo Oeste e Meio Oeste, a

intensa atividade agropecuária resultou em grande fragmentação florestal. No Sul, a baixa complexidade ambiental está associada a áreas planas, principalmente ocupadas por plantações de arroz, apesar da Serra Geral possuir alta complexidade socioambiental devido à vegetação preservada e elevada declividade. A região de Criciúma também se destaca pela complexidade socioambiental, principalmente por causa dos parques municipais.

O mapa destaca feições características, como *buffers* sobre terras quilombolas e terras indígenas, áreas prioritárias para conservação da biodiversidade, corredores ecológicos e unidades de conservação, pois são feições de grande extensão geográfica e peso elevado (Figura 6).

A partir de escalas maiores, é possível perceber aspectos como bens arqueológicos e APPs que se destacam na superfície de custo (Figura 7). Outros aspectos, como uso do solo, declividade, erodibilidade, suscetibilidade a movimentos de massa, variam bastante espacialmente, porém sua influência é menos perceptível.

**Figura 7** – Representação da SC-418, que cruza a Área de Proteção Ambiental da Serra da Dona Francisca no nordeste do estado, sobre a superfície de custo socioambiental, Santa Catarina



**Fonte:** Os autores.

**Nota:** quanto mais escuro o tom de vermelho, maior é a complexidade socioambiental.

Ao avaliar os territórios das coordenadorias regionais da SIE, percebe-se que as regiões mais sensíveis estão presentes nas Coordenadorias Regionais Litoral Centro, Vale, Planalto e Norte (Tabela 3), que correspondem às áreas com a Serra Geral e Serra do Mar, com a maior concentração de áreas protegidas, o que poderá necessitar de estudos complementares e mais detalhados. A Coordenaria Extremo Oeste possui a menor complexidade socioambiental média e o menor valor máximo devido à ausência de áreas protegidas, como terras indígenas, quilombolas ou unidades de conservação. Por se tratar de áreas com domínio agropecuário e grande fragmentação florestal, as obras nessas áreas tendem a ser menos complexas sob o ponto de vista socioambiental.

**Tabela 3** – Valores de Complexidade Socioambiental das Coordenadorias Regionais, Santa Catarina

<b>Coordenadoria Regional</b>	<b>Médio</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio Padrão</b>
Litoral	3,24	7,61	1,19
Vale	3,22	7,51	0,94
Planalto	3,13	7,43	0,77
Norte	3,09	6,81	0,86
Oeste	2,99	6,50	0,79
Sul	2,83	7,33	1,08
Meio Oeste	2,66	6,92	0,71
Extremo Oeste	2,19	5,70	0,55

**Fonte:** Os autores.

Laurence e Balmford (2013) apresentaram um mapa global para priorização da construção de estradas, buscando equilibrar o desenvolvimento agrícola com a conservação ambiental, demonstrando claramente a intrínseca correlação entre rodovias, agricultura e conservação ambiental, defendendo uma abordagem estratégica para a construção de estradas que minimize os danos ambientais e maximize os benefícios para a sociedade. O referido estudo enfatiza a importância de se considerar os impactos das estradas, como o desmatamento e a perda de biodiversidade, e a necessidade de um planejamento rodoviário estratégico e proativo.

O Mapa de Complexidade Socioambiental para o estado de Santa Catarina apresenta a distribuição de fatores sensíveis – ambientais e sociais, oferecendo essa abordagem estratégica em nível regional.

De maneira complementar, cada variável socioambiental utilizada representa um *dataset* geoespacializado, onde é possível verificar em detalhes a variação espacial de cada aspecto, enriquecendo a avaliação da malha rodoviária e de projetos, podendo identificar pontos críticos específicos, como áreas ou trechos rodoviários com o maior suscetibilidade à inundação ou deslizamentos, existência de APPs, remanescentes florestais, restingas e manguezais, além de possibilitar avaliar oportunidades, como, por exemplo, áreas de produção agrícola e sem restrições ambientais.

Além disso, a ferramenta possibilita a classificação do território e dos trechos rodoviários, o que pode auxiliar na melhor definição de termos de referências e custos de estudos ambientais para o poder público, com aumento da segurança e da eficiência das ações dos gestores públicos.

Assim, o mapa pode ser utilizado para avaliar traçados de estudos de viabilidade técnica e ambiental e projetos rodoviários, propor traçados de menor custo ambiental (Wu; Li, 2022) e corredores de viabilidade de infraestruturas lineares, como exemplificado nos trabalhos de Nobrega (2009), Araújo e Nobrega (2019) e Costa (2023).

A abordagem deste trabalho pode ser aprimorada em estudos futuros ao abordar mais variáveis, incluindo aspectos técnicos e socioeconômicos. Além disso, considerando o avanço na disponibilidade e qualidade dos dados, a ferramenta pode ser continuamente aprimorada para representar aspectos específicos de cada projeto, obter dados com melhor resolução espacial e incorporar temáticas importantes como mudanças climáticas, resiliência e adaptação, gerando mapas mais específicos e ainda mais relevantes. Recomenda-se também a avaliação de outras metodologias de análise multicritério, além da AHP, incluindo a abordagem Fuzzy, devido à elevada subjetividade na avaliação dos aspectos ambientais.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo desenvolveu um Mapa de Complexidade Socioambiental para empreendimentos rodoviários em Santa Catarina, utilizando uma metodologia multicritério inovadora e adaptada para minimizar a subjetividade. A ferramenta proposta demonstrou ser eficaz na identificação de áreas de alta sensibilidade ambiental, como a ilha de Santa Catarina, a região oeste e as áreas serranas, fornecendo informações cruciais para o planejamento de infraestrutura rodoviária sustentável.

O mapa pode ser uma ferramenta valiosa para gestores públicos, auxiliando na tomada de decisões relacionadas a investimentos em infraestrutura rodoviária. A ferramenta pode otimizar a alocação de recursos, a contratação de estudos ambientais e a avaliação da malha viária estadual, promovendo a eficiência dos investimentos e contribuindo para o desenvolvimento sustentável.

Estudos futuros podem aprimorar ainda mais a ferramenta, incorporando novos critérios e dados, e explorando sua aplicabilidade em outras regiões e contextos, explorando o uso na proposição e avaliação de traçados rodoviários e corredores de viabilidade. Assim, o resultado demonstra o potencial de contribuir significativamente para a gestão ambiental e o planejamento de infraestrutura rodoviária no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, Felipe Ramos Nabuco de; NOBREGA, Rodrigo Affonso de Albuquerque. **Inteligência geográfica aplicada na avaliação de impactos ambientais de sistemas de transmissão de energia**. Brasília, DF: Ibama, 2019. Disponível em: <https://staging-brasil.mapbiomas.org/wp-content/uploads/sites/4/2023/08/Felipe-Ramos-Nabuco-de-Araujo-Inteligencia-Geografica-aplicada-na-Avaliacao-de-Impactos-Ambientais-de-Sistemas-de-Transmissao-de-Energia-Artigo-MapBiomas-pdf-1.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2023.
- BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução n. 347, de 10 de setembro de 2004**. Dispõe sobre a proteção do patrimônio espeleológico. Brasília, DF: Conama, 2004a. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 3 mar. 2025.



BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da constituição federal, institui o sistema nacional de unidades de conservação da natureza e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2000. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm). Acesso em: 3 mar. 2025.

BRASIL. **Lei n. 14.133, de 1 de abril de 2021**. Dispõe sobre licitações e contratos administrativos. Brasília, DF: Presidência da República, 2021. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm). Acesso em: 20 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Cultura. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Cadastro de sítios arqueológicos**. Brasília, DF: Iphan, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/iphane/pt-br/patrimonio-cultural/patrimonio-arqueologico/cadastro-de-sitios-arqueologicos>. Acesso em: 21 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Cultura. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional. **Instrução normativa n. 1, de 25 março de 2015**. Estabelece procedimentos administrativos a serem observados pelo instituto do patrimônio histórico e artístico nacional nos processos de licenciamento ambiental dos quais participe. Brasília, DF: Iphan, 2015. Disponível em: [http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_001\\_DE\\_25\\_DE\\_MARCO\\_DE\\_2015.pdf](http://portal.iphan.gov.br/uploads/legislacao/INSTRUCAO_NORMATIVA_001_DE_25_DE_MARCO_DE_2015.pdf). Acesso em: 23 dez. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço energético nacional (BEN) 2023**: ano-base 2022. Brasília, DF: EPE, 2023. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-748/topico-687/BEN2023.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Acervo fundiário**. Brasília, DF: Incra, 2024c. Disponível em: <https://acervofundiario.incra.gov.br/acervo/login.php>. Acesso em: 23 dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima. **Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade**. Brasília, DF: MMA, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas/conservacao-1/areas-prioritarias/2a-atualizacao-das-areas-prioritarias-para-conservacao-da-biodiversidade-2018>. Acesso em: 15 set. 2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e Mudanças do Clima. **Cadastro nacional de unidades de conservação**. Brasília, DF: MMA, 2024d. Disponível em: <https://cnuc.mma.gov.br/map>. Acesso em: 23 dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Cadastro nacional de informações espeleológicas**. Brasília, DF: ICMBio, 2024e. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/centros-de-pesquisa/cavernas/cadastro-nacional-de-informacoes-espeleologicas/canie>. Acesso em: 23 dez. 2024.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de redução de impacto de infraestruturas viárias terrestres sobre a biodiversidade**: PRIM-IVT. Brasília, DF: ICMBio, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/plano-de-reducao-de-impactos-sobre-a-biodiversidade/rodovias-e-ferrovias>. Acesso em: 23 dez. 2024.

BRASIL. Ministério dos Povos Indígenas. Fundação Nacional dos Povos Indígenas. **Terras indígenas**: dados geoespaciais e mapas. Brasília, DF: Funai, 2024f. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/atuacao/terras-indigenas/geoprocessamento-e-mapas>. Acesso em: 21 dez. 2024.

BRASIL. Ministério dos Transportes. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. **Plano Nacional de Viação e Sistema Nacional de Viação**: PNV e SNV. Brasília, DF: DNIT, 2024g. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/atlas-e-mapas/pnv-e-snv>. Acesso em: 21 ago. 2024.

CNT – CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Pesquisa CNT de rodovias 2024**. Brasília, DF: CNT, 2024. Disponível em: <https://pesquisarodovias.cnt.org.br/conteudo>. Acesso em: 15 dez. 2025.

COSTA, William Teles de Souza. **Modelagem geográfica como recurso para transversalidade do planejamento de transportes**. 2023. Tese (Doutorado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2023. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/53344>. Acesso em: 15 dez. 2025.

DIAS, Amanda M. S.; COOK, Carly; MASSARA, Rodrigo Lima; PAGLIA, Adriano Pereira. Are environmental impact assessments effectively addressing the biodiversity issues in Brazil?. **Environmental Impact Assessment Review**, Amsterdam, v. 95, p. 1-13, July 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106801>.

EMBRAPA. **Mapa de erodibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil (primeira aproximação)**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://geoinfo.dados.embrapa.br/catalogue/#/dataset/1708>. Acesso em: 15 dez. 2024.

EPAGRI – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Modelo digital de elevação**. Florianópolis: Epagri, 2006. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/mapoteca/>. Acesso em: 15 dez. 2024.

FBDS – FUNDAÇÃO BRASILEIRA PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Mapeamento em alta resolução dos biomas brasileiros**. Rio de Janeiro: FBDS, 2023. Disponível em: <https://geo.fbds.org.br/>. Acesso em: 21 dez. 2024.

FLORIANÓPOLIS. Prefeitura Municipl. Fundação Municipal de Meio Ambiente de Florianópolis. **Unidades de conservação em Florianópolis**. Florianópolis: Floram, 2024. Disponível em: <https://www.pmf.sc.gov.br/entidades/floram/index.php?cms=unidades+de+conservacao+em+florianopolis>. Acesso em: 21 dez. 2024.

GOTADO, Rafael; PIAZZA, Gustavo Antonio; TORRES, Edson; SEVERO, Driceu Luis; KAUFMAN, Vander. Distribuição espacial e temporal de chuvas no estado de Santa Catarina. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 253-276, maio/ago. 2018. DOI: <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2018v33n67p253>.

IBGE. **Grade estatística**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/15273-grade-estatistica-permite-obter-dados-do-censo-2010-para-diversos-recortes-espaciais>. Acesso em: 20 fev. 2025.

IBGE. **Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil**: primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2019.

JANSEN, Débora Campos; CAVALCANTI, Lindalva Ferreira; LAMBLÉM, Hortência Sousa. Mapa de potencialidade de ocorrência de cavernas no Brasil, na escala 1:2.500.000. **Revista Brasileira de Espeleologia**, Brasília, DF, v. 1, n. 2, p. 43-57, ago. 2012. Disponível em: <https://revistaelectronica.icmbio.gov.br/index.php/RBEsp/article/view/255>. Acesso em: 21 dez. 2024.

KIRSCHBAUM, Dalia; STANLEY, Thomas. Satellite-based assessment of rainfall-triggered landslide hazard for situational awareness. **Earth's Future**, Washington, D.C., v. 6, n. 3, p. 505-523, Mar. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1002/2017EF000715>.

KUNCORO, Edi; WURARAH, Rully Novie; ERARI, Ishak E. The impact of road infrastructure development on ecosystems and communities. **Journal of Social and Sustainable Development Goals**, Depok City, v. 1, n. 2, p. 78-90, Jan. 2024. Disponível em: <https://journal-iasssf.com/index.php/SEESDGJ/article/view/336>. Acesso em: 21 dez. 2024.

LAURANCE, Willian F. *et al.* A global strategy for road building. **Nature**, Berlim, v. 513, n. 7517, p. 229-232, Aug. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature13717>.

LAURANCE, Willian F.; BALMFORD, Andrew. Land use: a global map for road building. **Nature**, Berlim, v. 495, n. 7441, p. 329-333, Mar. 2013. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/495308a>. Acesso em: 24 fev. 2025.

MACHADO, José Luiz Flores. **Mapa hidrogeológico do estado de Santa Catarina**. Porto Alegre: SGB-CPRM, 2013.

MAPBIOMAS. **Coleção 9 da série anual de mapas de cobertura e uso da terra do Brasil**. São Paulo: Mapbiomas, 2024. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/downloads/>. Acesso em: 20 set. 2024.

MONDAL, M. Surabuddi; GARG, Rahul Dev; PANDEY, Varun; KAPPAS, Martin. Route alignment planning for a new highway between two cities using geoinformatics techniques. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences**, Cairo, v. 24, n. 3, p. 595-607, Dec. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.05.003>.

NG, Li Shuen; CAMPOS-ARCEIZ, Ahimsa; SLOAN, Sean; HUGHES, Alice C.; TIANG, Darrel Chin Fung; LI, Binbin V.; LECHNER, Alex M. The scale of biodiversity impacts of the belt and road initiative in southeast Asia. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 248, p. 1-18, Aug. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2020.108691>.

NOBREGA, Rodrigo Affonso de Albuquerque; FERRAZ, Carlos A. M.; BERBERIAN, Cynthia F. Q.; MASUKAWA, Nilo; DIAS FILHO, Nivaldo; VIEIRA, Rherman R. T.; QUADROS, Eduardo A. T. Inteligência geográfica para avaliação de propostas de projeto de concessão de corredores ferroviários. **Transportes**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 4, p. 75-84, dez. 2016. DOI: <https://doi.org/10.14295/transportes.v24i4.1077>.

NOBREGA, Rodrigo Affonso de Albuquerque; SADASIVUNI, Ravi; O'HARA, Chuck; DUMAS, Jeremiah Percy. Bridging decision-making process and environmental needs in corridor planning. **Management of Environmental Quality**, Leeds, v. 20, n. 6, p. 622-637, Sept. 2009. DOI 10.1108/14777830910990744.

REE, Rodney Van Der; SMITH, Daniel J.; GRILO, Clara. **Handbook of road ecology**. Chichester: John Wiley & Sons, 2015.

SAATY, Thomas L.; VARGAS, Luis G. **Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process**. Berlim: Springer Science & Business Media, 2001. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/362349026\\_The\\_Analytic\\_Hierarchy\\_Process](https://www.researchgate.net/publication/362349026_The_Analytic_Hierarchy_Process). Acesso em: 9 mar. 2025.

SANTA CATARINA. Conselho Estadual do Meio Ambiente. **Resolução n. 250, de 8 de agosto de 2024**. Estabelece procedimentos para licenciamento ambiental, define os estudos ambientais, considerando os critérios de porte, potencial poluidor e risco ambiental. Florianópolis: Consema, 2024a. Disponível em: <https://www.semae.sc.gov.br/download/resolucao-consema-no-250/>. Acesso em: 21 dez. 2024.

SANTA CATARINA. Instituto de Meio Ambiente de Santa Catarina. **Geoseuc**. Florianópolis: IMA, 2024b. Disponível em: <http://geoseuc.ima.sc.gov.br/#/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Infraestrutura e Mobilidade. **Sistema rodoviário de Santa Catarina**. Florianópolis: SIE, 2024c. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/mapoteca>. Acesso em: 20 dez. 2024.

SHARMA, Keshab Kumar; BHANDARY, Netra Prakash; SUBEDI, Mandip; PRADHANANGA, Rojee. Unraveling the nexus between road transport infrastructures and economic growth: empirical insights from Nepal's case. **Economies**, Basel, v. 12, n. 221, p. 1-21, Aug. 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/economies12080221>.

SINGH, Mukund Pratap; SINGH, Pitam; SINGH, Priyamvada. Fuzzy AHP based multi criteria decision making analysis for route alignment planning using geographic information system (GIS). **Journal of Geographical Systems**, Berlim, v. 21, p. 395-432, Apr. 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10109-019-00296-0>.

TEIXEIRA, Maria Gracinda Carvalho; AZEVEDO, Luís Peres. A agenda ambiental pública: barreiras para a articulação entre critérios de sustentabilidade e as novas diretrizes da administração federal brasileira. **Revista Eletrônica de Administração**, São Paulo, v. 74, n. 1, p. 139-164, abr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-23112013000100006>.

TISLER, Trevor R.; TEIXEIRA, Fernanda Z.; NÓBREGA, Rodrigo A. A. Conservation opportunities and challenges in Brazil's roadless and railroad-less areas. **Science Advances**, Washington, D.C., v. 8, n. 9, p. 1-13, Mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1126/sciadv.abi5548>.

WANG, Chao; LIM, Ming K.; ZHANG, Xinyi; ZHAO, Longfeng; LEE, Paul Tae-Woo. Railway and road infrastructure in the belt and road initiative countries: estimating the impact of transport infrastructure on economic growth. **Transportation Research Part A**, Amsterdam, v. 134, p. 288-307, Apr. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.02.009>.

WORLD BANK. **Santa Catarina**: a gestão de riscos de desastres no contexto do planejamento estratégico para o aumento da resiliência a perigos naturais. Washington, D.C.: World Bank Group, 2016.

WU, Shuyao; LI, Binbin V. Sustainable linear infrastructure route planning model to balance conservation and socioeconomic development. **Biological Conservation**, Amsterdam, v. 266, p. 1-11, Feb. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109449>

XU, Derek Mingda. Effectively utilizing infrastructure to achieve economic and societal growth in developing countries. **Journal of Education, Humanities and Social Sciences**, Wuhan, v. 38, p. 1-7, Sept. 2024. DOI: <https://doi.org/10.54097/cfrw1x66>

**Recebido:** março de 2025.  
**Aceito:** maio de 2025.