

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DA SINALIZAÇÃO VERTICAL E ELEMENTOS DE PROTEÇÃO E SEGURANÇA PARA MELHORIA DA SEGURANÇA VIÁRIA: ESTUDO DE CASO NA RODOVIA BR-414/GO

Abrão Igor Santana de Faria

Bacharel em Engenharia Civil (abraofaria45@gmail.com)

Ana Lúcia Carrijo Adorno

Doutora, Docente da Universidade Evangélica de Goiás - UniEVANGÉLICA e Universidade Estadual de Goiás - UEG (ana.carrijo@unievangolica.edu.br; ana.adorno@ueg.br)

RESUMO

Este estudo preenche uma lacuna na literatura ao integrar a avaliação da sinalização vertical e das defensas metálicas em um mesmo trecho rodoviário e sua relação com acidentes por saída de pista. O objetivo geral foi averiguar se a ausência desses dispositivos em pontos críticos da BR-414/GO, no trecho de 30 km entre Rio Verde e Jataí, esteve associada à ocorrência de sinistros entre janeiro de 2023 e dezembro de 2024. Para tanto, adotou-se um estudo de caso que combinou dados secundários da ANTT e imagens de satélite. Os resultados apontaram concentração de sinistros nos quilômetros 380, 383 e 413, locais que apresentaram insuficiência ou ausência de placas regulamentadoras, marcadores de alinhamento e barreiras metálicas. Após intervenções parciais de reposição e manutenção desses dispositivos em meados de 2024, observou-se redução média de 30% nos acidentes por saída de pista nesses trechos, confirmando a eficácia das medidas de engenharia. Além disso, a análise temporal do padrão sazonal de sinistros permitiu identificar épocas críticas e orientar a alocação de recursos de manutenção e fiscalização. Como contribuição, este trabalho apresenta um modelo replicável de avaliação integrada, estabelecendo protocolos para levantamento e correlação de dados rodoviários, e formula recomendações práticas para priorizar investimentos em sinalização vertical e defensas metálicas. Tais diretrizes fornecem subsídios teóricos e técnicos a engenheiros, concessionárias e gestores públicos, visando aprimorar a segurança viária e reduzir a gravidade de sinistros em rodovias com características similares.

PALAVRAS-CHAVE: sinalização vertical; elementos de proteção e segurança; acidente.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo da frota de veículos no Brasil impõe desafios à segurança viária. Em 2024, a frota nacional alcançou 123,97 milhões de unidades, um aumento de 4,0 % em relação a 2023 (Veloce; Fipe, 2025). Nesse mesmo período, a Polícia Rodoviária Federal registrou 67.658 acidentes em rodovias federais, resultando em 5.621 óbitos (alta de 3,34 %) e 78.322 feridos (elevação de 7,33 %) em comparação a 2022 (PRF, 2024). Estima-se que tais sinistros acarretem custos diretos e indiretos de aproximadamente R\$ 52 bilhões anuais (Carvalho, 2020). Esses números evidenciam a urgência de aprimorar medidas de engenharia de tráfego, com ênfase na sinalização vertical e nas defensas metálicas como instrumentos de redução de acidentes por saída de pista.

A regulamentação da sinalização vertical ocorreu pela Resolução Contran n.º 160/2004, que estabeleceu critérios de dimensões, cores e retrorefletividade das placas (BRASIL, 2004). Em 2011, o Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito 2011–2020 integrou ações de engenharia, fiscalização e educação (BRASIL, 2011), e campanhas como o Maio Amarelo reforçam anualmente a conscientização de órgãos públicos e sociedade civil (ONSV, 2023). As defensas metálicas, barreiras longitudinais de aço galvanizado para contenção de veículos, seguem as especificações da NBR 6971 (ABNT, 2023), mas ainda carecem de critérios de aplicação detalhados no Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT (DNIT, 2015).

Estudos de caso indicam eficácia dessas soluções: intervenções na MG-050 reduziram acidentes em curvas após a instalação de placas de advertência (D'Ávila; Cardoso, 2014), e análises multicritério em rodovias do Rio Grande do Sul priorizaram ações de sinalização vertical em interseções de maior risco (Müller *et al.*, 2018). No entanto, a maioria das pesquisas isola um único dispositivo ou foca em trechos diversos, sem avaliar conjuntamente o papel de placas e defensas na prevenção de saídas de pista.

Diante desse cenário, o objetivo deste trabalho é averiguar pontos específicos que apresentaram acidentes por saída de pista na rodovia BR-414/GO e verificar se tais eventos tiveram relação com a ausência de sinalização vertical ou defesa metálica. A pesquisa delimita-se ao período de janeiro de 2023 a dezembro de 2024 e ao trecho selecionado de 30 km entre Rio Verde e Jataí da BR-414/GO, utilizando dados oficiais da Polícia Rodoviária Federal e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes.

As perguntas de pesquisa que norteiam este trabalho são: Em quais pontos da BR-414/GO ocorreram acidentes por saída de pista entre janeiro de 2023 e dezembro de 2024? E como esses eventos se relacionam com a ausência de sinalização vertical e de defensas metálicas? Para operacionalizar essas questões, definem-se os seguintes objetivos específicos: identificar e mapear os locais de saída de pista no trecho de 30 km entre Rio Verde e Jataí; verificar a presença ou ausência de placas de regulamentação, advertência e indicação em cada ponto; analisar a existência de defensas metálicas nessas localidades; correlacionar estatisticamente a incidência de acidentes com a falta de dispositivos; propor recomendações para otimizar a implantação integrada de sinalização vertical e defensas metálicas.

Este estudo preenche uma lacuna metodológica ao integrar análise estatística e geoespacial de dispositivos de segurança em um único trabalho, oferecendo subsídios práticos para órgãos gestores e projetistas rodoviários e contribuindo para o avanço do conhecimento em engenharia de tráfego.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir apresenta-se a fundamentação teórica que dá suporte a este estudo. Na

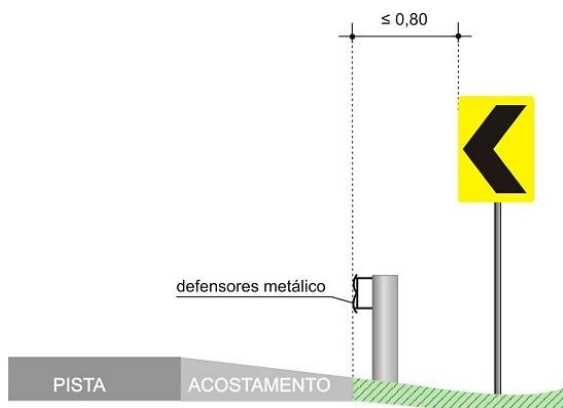
primeira seção são examinados os princípios, funções e normas que regem a sinalização vertical em rodovias, identificando-se como esses elementos contribuem para orientar o comportamento dos condutores. Em seguida, discutem-se as defensas metálicas, suas tipologias, critérios de projeto e desempenho como barreiras de contenção. Por fim, aborda-se especificamente o fenômeno dos acidentes por saída de pista, definindo-os, apontando seus fatores de risco e demonstrando sua relevância para a avaliação integrada dos dispositivos de segurança. Este conjunto de conceitos e referências normativas constitui o alicerce para as análises e correlações empiricamente desenvolvidas nos capítulos seguintes.

2.1 SINALIZAÇÃO VERTICAL

De acordo com o Manual de Sinalização Rodoviária – DNIT (2010), a sinalização viária estabelecida através de comunicação visual, por meio de placas, painéis ou dispositivos auxiliares, situados na posição vertical, implantados à margem da via ou suspensos sobre ela, tem como finalidade: a regulamentação do uso da via, a advertência para situações potencialmente perigosas ou problemáticas, do ponto de vista operacional, o fornecimento de indicações, orientações e informações aos usuários, além do fornecimento de mensagens educativas.

Segundo o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume VI – DENATRAN (2007), as placas do tipo Marcador de Alinhamento (Figura 1) são dispositivos de sinalização vertical que têm como objetivo principal orientar visualmente os condutores em trechos com curvas, mudanças de direção ou geometrias críticas da via. Sua aplicação é essencial para reforçar a percepção do traçado da pista, principalmente em condições de baixa visibilidade, como à noite ou sob neblina.

Figura 1 - Marcador de Alinhamento



Fonte: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivossenatran/MBST_V OL_V I_Dispositivos_auxiliares.pdf



Fonte: <https://sylvanlearning.edu.vn/tu-vung-tieng-anh-theo-chu-de-giao-thong-bien-bao-giao-thong/>

Ainda de acordo com o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT (Brasil, 2010), os Marcadores de Alinhamento são classificados em três tipos: simples, duplo e contínuo, sendo cada um aplicado conforme a severidade da curva. O marcador simples consiste em uma única placa de seta direcional, usada em curvas de baixa severidade para alertar o condutor sobre a mudança de alinhamento; o marcador duplo emprega duas placas adjacentes em curvas de severidade média, reforçando a advertência e aumentando o tempo de reação; e o marcador contínuo é composto por uma série de placas instaladas em sequência ao longo de curvas longas ou trechos sinuosos,

garantindo orientação constante ao longo do traçado. Esses dispositivos refletores são projetados com materiais de alta retrorrefletividade, permitindo uma excelente visibilidade noturna e promovendo a leitura antecipada do traçado da rodovia.

2.2 DEFENSAS METÁLICAS

Segundo a NBR 6971 (ABNT, 2023), defensas metálicas (Figura 2) são dispositivos longitudinais compostos por postes e painéis de aço galvanizado, instalados paralelamente ao bordo da pista, destinados a conter e desacelerar veículos que perdem o controle, absorvendo e dissipando a energia do impacto para reduzir a gravidade das colisões. As defensas metálicas podem ser projetadas para uso em canteiros centrais, pistas em desnível, aterros altos, paredões rochosos, junto a curvas de raio pequeno, como proteção na entrada e saída de pontes, viadutos e pórticos, como proteção de elementos fixos na zona livre, nas vias margeando rios e lagos, e em outras situações que o projetista julgar necessário aplicar.

Figura 2 – Defesa metálica



Fonte: <https://revistaadnormas.com/2023/10/24/os-criterios-normativos-para-a-manutencao-das-defensas-metalias>

A presença de taludes acentuados e paredões rochosos ao longo das rodovias representa um risco elevado à segurança viária, especialmente em situações de saída de pista. Em casos como esses, a instalação de defensas metálicas é essencial para conter veículos desgovernados, evitando que despenquem em desníveis ou colidam diretamente contra massas rochosas, o que poderia resultar em acidentes de alta gravidade.

Essas barreiras flexíveis são projetadas para absorver o impacto de veículos e redirecioná-los de volta para a pista, em vez de permitir que o veículo colida diretamente com obstáculos ou saia de pista (Figura 3). Além disso, as defensas metálicas ajudam a reduzir a gravidade dos acidentes ao controlar a energia do impacto, minimizando a força transmitida ao ocupante do veículo.

Figura 3 - Esquema da trajetória do veículo ao interagir com uma defesa metálica



Fonte: <https://www.der.pr.gov.br/>

As defensas metálicas são classificadas em três tipologias principais, conforme a NBR 6971 (ABNT, 2023). Na tipologia simples (elemento único), um único painel ondulado de aço galvanizado é montado em postes de madeira ou aço, sendo indicado para trechos de baixa severidade onde o tráfego e as velocidades projetadas não exigem elevado nível de contenção. A tipologia dupla (elementos duplos) reúne dois painéis ondulados justapostos, ampliando a capacidade de absorção e dissipação de energia em curvas de severidade média. Por fim, a tipologia múltipla (três elementos) utiliza três painéis sobrepostos, recomendada para trechos de alta severidade ou tráfego intenso, onde são necessários níveis superiores de contenção e redução da gravidade dos impactos.

Segundo o Manual de Sinalização Rodoviária – DNIT (2010), a seleção da tipologia simples, dupla ou tripla depende do risco envolvido, sendo recomendada a defesa metálica dupla ou tripla em locais com alto potencial de lesões graves. Essa escolha visa aumentar a eficiência na contenção de veículos desgovernados, especialmente em trechos com declives acentuados, obstáculos rígidos ou proximidade de áreas sensíveis, quando não há zona livre de impacto.

A manutenção periódica das defensas metálicas é um fator importante para garantir sua eficácia ao longo do tempo, especialmente em trechos com elevada periculosidade e grande movimentação de veículos de médio e grande porte. Conforme estabelece a NBR 6971 (ABNT, 2023), sistemas de contenção viária devem ser submetidos a inspeções regulares com o objetivo de verificar possíveis deformações, desalinhamentos ou comprometimentos estruturais decorrentes de colisões ou da exposição prolongada às intempéries.

Além disso, em regiões com alta incidência de condições ambientais severas, como áreas de elevada umidade, encostas sujeitas a instabilidade geológica ou regiões serranas expostas a quedas de rochas, recomenda-se o reforço das rotinas de inspeção e manutenção. Nesses cenários, os sistemas de defesa metálica são frequentemente exigidos ao limite de sua performance, o que aumenta a necessidade de verificação do desempenho funcional e da integridade dos componentes.

2.3 SEGURANÇA RODOVIÁRIA E ACIDENTES POR SAÍDA DE PISTA

Acidentes por saída de pista ocorrem quando o veículo ultrapassa lateralmente ou, em casos mais raros, longitudinalmente os limites do pavimento, adentrando a zona livre lateral ou colidindo com obstáculos fixos (árvores, postes, taludes) e culminando frequentemente em capotamentos ou quedas em desníveis. Esse tipo de sinistro representa entre 20% e 40% dos acidentes graves em rodovias, tendo elevada taxa de fatalidade devido à energia cinética liberada e à presença de obstáculos próximos à pista, que reduzem as possibilidades de evasão segura (IRAP, 2023; DER/SP, 2013). A gravidade é ainda maior em áreas sem faixa lateral adequada, pois cada metro adicional de zona livre pode reduzir em até 5% a probabilidade de consequências fatais (DER/SP, 2013).

Entre os principais fatores que contribuem para a ocorrência de saídas de pista, destaca-se a velocidade excessiva. Conforme o Global status report on road safety 2023, gerido pela OMS, para cada 1% de aumento na velocidade média de tráfego há uma elevação de aproximadamente 3% na probabilidade de colisões graves e 4% a 5% no risco de mortalidade (WHO, 2024). A implementação de limites de velocidade adequados e de fiscalização eletrônica pode reduzir em até 30% o número de acidentes por saída de pista em trechos críticos (GRSP; IFRC, 2023).

A geometria da via também exerce papel determinante. Curvas com raios reduzidos e superelevação insuficiente exigem esforços de manobra que, em velocidades acima dos limites projetados, podem levar à perda de aderência e ao descontrole direcional (Ferraz, 2012). Estudos de modelagem de risco indicam que uma redução de 10m no raio mínimo

de curva pode aumentar em 12% a probabilidade de saída de pista, especialmente em trechos serranos (Ferraz, 2012; DER/SP, 2013). A largura insuficiente das faixas e a ausência de acostamento adequado agravam ainda mais esse quadro.

As condições de visibilidade também influenciam diretamente o tempo de percepção e reação do condutor. Iluminação deficiente, curvas cegas sem placa de advertência e trechos sujeitos a neblina ou chuva intensa reduzem o campo de visão, elevando o risco de saída de pista em até 25% nessas condições (IRAP, 2023). O Manual de Sinalização Rodoviária do DNIT enfatiza que a retrorefletividade mínima das placas deve ser de $300 \text{ cd}\cdot\text{m}^2\cdot\text{lx}^{-1}$ para garantir legibilidade noturna e em dias chuvosos, mas auditagens de campo mostram que até 40% das placas em rodovias estaduais não atendem a esse parâmetro (DNIT, 2015).

A análise dos acidentes por saída de pista e dos fatores de risco associados evidencia a necessidade de medidas de engenharia de tráfego que atuem na prevenção desses sinistros e na diminuição de suas consequências (BRASIL, 2004; DNIT, 2015). Nesse contexto, a sinalização vertical assume um papel determinante, pois, ao regulamentar fluxos, advertir sobre condições perigosas e indicar direções, orienta o comportamento dos condutores e contribui para a redução de saídas de pista, conforme demonstrado em estudos de caso como o de D'Avila e Cardoso (2014).

A sinalização vertical e as barreiras de contenção têm sido destacadas por sua eficácia na mitigação de riscos nas vias. Estudos apontam que a sinergia entre sinalização adequada e dispositivos físicos de contenção implantados corretamente pode reduzir a gravidade e quantidade dos acidentes. Modelos como o proposto pelo International Road Assessment Programme (IRAP) possibilitam a codificação sistemática de atributos viários, viabilizando a análise simultânea desses elementos com foco na segurança operacional (IRAP, 2022).

Essa abordagem reforça a importância da infraestrutura como componente ativo na prevenção de acidentes, especialmente em trechos com características geométricas críticas, como curvas fechadas, aclives, declives acentuados e cruzamentos mal sinalizados são exemplos de situações em que a sinalização vertical precisa trabalhar em conjunto com barreiras físicas para minimizar os riscos à segurança dos usuários.

Conforme o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT, a metodologia IRAP permite classificar as rodovias em estrelas, com pontuação variando entre um, para as rodovias de menor segurança e que necessitam de mais melhorias em termos de segurança viária, e cinco, para as rodovias mais seguras. Essa classificação possibilita medir objetivamente a probabilidade de um sinistro de trânsito ocorrer e a gravidade do seu resultado.

Ainda de acordo com o DNIT, a partir da classificação por estrelas das rodovias, em função dos atributos considerados mais propensos a causar acidentes, a metodologia IRAP lista uma série de providências e melhorias para a segurança viária, definidas como contramedidas, cuja proposição de implementação ocorre por meio do Plano de Investimento em Rodovias Mais Seguras (PIRMS). O PIRMS é uma lista priorizada de contramedidas que, quando aplicadas como tratamentos de segurança, podem melhorar a classificação por estrelas da via, reduzindo os riscos relacionados às características da infraestrutura das rodovias.

O mapeamento de atributos da infraestrutura viária e sua correlação com sinistros é frequentemente realizado com o apoio de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e modelagem estatística multivariada. A metodologia IRAP, por exemplo, baseia-se na coleta de imagens a cada 100 metros da rodovia, codificação de mais de 50 variáveis e posterior análise em plataforma geoespacial (IRAP, 2022). A partir desses dados, é possível aplicar modelos como regressão logística, árvores de decisão ou machine learning para estimar a

probabilidade de acidentes graves com base na infraestrutura existente. Tais abordagens permitem identificar padrões espaciais de risco e avaliar o impacto potencial de melhorias.

A integração entre dados de sinistros e atributos da infraestrutura tem permitido uma abordagem mais precisa na priorização de intervenções, cuja análise conjunta desses dados possibilita a criação de indicadores como o "Índice de risco por segmento", facilitando a gestão baseada em evidências. A ferramenta VIDA, do IRAP, permite simular diferentes cenários de intervenção e estimar o número de vidas que podem ser salvas em um horizonte de 20 anos (IRAP, 2022).

No contexto brasileiro, o IRAP foi introduzido oficialmente por meio do Projeto Piloto Brasil, realizado em 2012, com apoio do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e da Confederação Nacional do Transporte (CNT). Foram avaliados mais de 3.000 km de rodovias federais, como BR-101, BR-116 e BR-381, identificando-se deficiências graves em sinalização e ausência de barreiras de proteção em trechos críticos (CNT, 2012).

Em vários casos, a adoção de medidas simples, como instalação de defensas metálicas ou readequação da sinalização, resultou em elevação imediata do nível de segurança da via. A adoção progressiva do IRAP pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e por órgãos estaduais reflete o potencial dessa metodologia para embasar decisões de investimento com foco em segurança (DNIT, 2021). A implantação da metodologia IRAP se inicia com a realização da Avaliação de Segurança Viária, documentada por meio do Relatório de Inspeção de Segurança Rodoviária (ISR). Essa avaliação aplica critérios padronizados internacionalmente para identificar os fatores de risco existentes na via, classificando os segmentos rodoviários em

uma escala que varia de 1 a 5 estrelas.

Quanto maior o número de estrelas, menor o risco de acidentes graves para os ocupantes de veículos. Essa classificação não depende apenas do número de acidentes ocorridos, mas também da infraestrutura presente, como tipo de barreira, sinalização, acostamento, entre outros elementos.

Ao alinhar engenharia, regulação e análise de risco, esse modelo se mostra altamente eficaz na identificação de trechos críticos e na priorização de investimentos, oferecendo uma ferramenta prática para o poder público acompanhar o desempenho da malha viária.

3 ESTUDO DE CASO: BR-414/GO

A BR-414/GO é uma rodovia federal de grande importância que corta o estado de Goiás, ligando os municípios de Anápolis e Niquelândia em um percurso de aproximadamente 238 quilômetros. Trata-se de uma via estratégica para a logística regional, fundamental para o escoamento de produtos da mineração, agropecuária, industrial e também para impulsionar o turismo local.

Essa rodovia conecta duas regiões com forte relevância econômica no estado de Goiás. Anápolis se destaca como um dos principais centros logísticos do centro-oeste e do Brasil, com acesso a importantes corredores de transporte, como o porto seco centro-oeste, as ferrovias norte-sul e centro-atlântica, além das rodovias federais BR-153/GO e BR-060/GO. Já Niquelândia, além de abrigar uma das maiores reservas de níquel do país, também é referência na produção agrícola e na pecuária, especialmente na criação de gado e no cultivo de grãos como a soja.

Além de sua função econômica, a BR-414/GO também tem um papel importante no turismo regional. A rodovia é caminho para destinos bastante procurados, como as cidades históricas de Pirenópolis e Corumbá de Goiás, além do Lago Serra da Mesa, que atraem visitantes durante todo o ano.

Desde 2021, parte da BR-414/GO está sob concessão da Ecovias Araguaia, empresa do grupo EcoRodovias. A concessionária é responsável por 139,6 km da rodovia de um total de 238 km, incluindo também trechos das BR-153/GO, BR-153/TO e BR-080/GO. Com a concessão, a empresa assumiu a responsabilidade por obras de recuperação, manutenção, operação e ampliação da capacidade da via, prevendo investimentos relevantes ao longo dos 35 anos de contrato.

Conforme descrito no Programa de Exploração da Rodovia (PER), o contrato de concessão estabelece metas de desempenho progressivas por fase da concessão (Quadro 1). Durante a fase de Trabalhos Iniciais, a rodovia deve atingir, no mínimo, 2 estrelas em 90% de sua extensão para os ocupantes de veículos. Na fase de Recuperação, essa exigência aumenta, sendo necessário alcançar pelo menos 3 estrelas. Já ao final do 1º Ciclo de Obras, em trechos com previsão de melhorias e ampliação de capacidade, o requisito mínimo passa a ser 4 estrelas. Essa estrutura de metas progressivas e relatórios periódicos garantem que as intervenções em segurança não sejam pontuais ou descoordenadas, mas sim parte de uma estratégia sistemática e baseada em evidências.

Quadro 1 - Plano de metas para implantação do IRAP na rodovia BR-414/GO

Previsão de Obras - 1 Ciclo	Fase			Certificação - Pós 3 Estrelas	
	Trabalhos Iniciais	Recuperação	Final Ciclo de Obras	4 Estrelas	5 Estrelas
NÃO	★★	★★★★		Quinquenal - Nec. Aprovação ANTT	Quinquenal - Nec. Aprovação ANTT
SIM	★★	★★★★	★★★★★	-	Quinquenal - Nec. Aprovação ANTT

Fonte: file:///C:/Users/p012012857/Downloads/PER_20242__RO_e_6__TA%20(14).pdf

Entre as melhorias realizadas na rodovia, destaca a recuperação de pontos críticos do pavimento, a implantação de terceiras faixas, a modernização da sinalização vertical e horizontal, além da instalação de dispositivos de segurança viária, como defensas metálicas e barreiras. Também são oferecidos serviços essenciais aos motoristas, como atendimento pré-hospitalar, socorro mecânico e monitoramento constante do tráfego.

A BR-414/GO conta com uma praça de pedágio localizada no km 404+050, no município de Corumbá de Goiás. Além disso, a rodovia dispõe de duas SAUs (Serviços de Atendimento ao Usuário) localizadas nos km 360+150 e km 305+500, e uma BSO (Base de Serviço Operacional) situada no km 409+250. Essas estruturas funcionam como pontos estratégicos de apoio aos usuários, oferecendo uma série de serviços essenciais para garantir segurança e bem-estar ao longo da viagem.

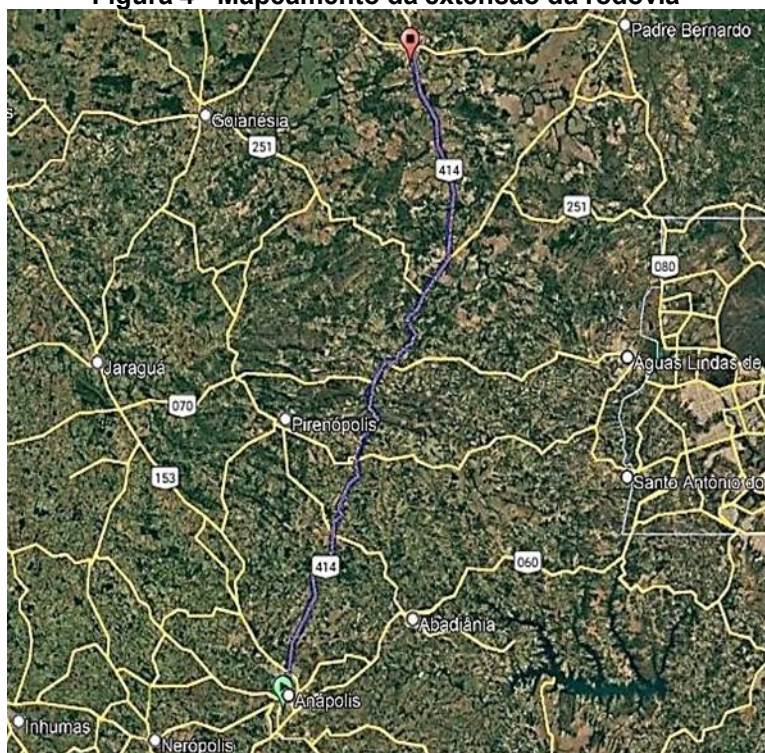
Nas SAU's e BSO's, os motoristas têm acesso a uma série de serviços para garantir a segurança e tranquilidade durante a viagem. Entre os principais, destacam-se o atendimento pré-hospitalar com ambulância equipada e equipe treinada para situações de emergência, o socorro mecânico com guinchos leves e pesados para remoção de veículos com pane ou acidentados, além do suporte de viaturas de inspeção que monitoram constantemente a rodovia e prestam auxílio sempre que necessário.

As unidades de SAU's também oferecem estrutura de apoio com sanitários, bebedouros e, áreas de espera cobertas, proporcionando mais conforto aos usuários em caso de imprevistos, contam ainda com sistemas de comunicação direta com a central de operações da concessionária, garantindo agilidade no atendimento e na resposta a ocorrências na rodovia.

Este estudo tem como foco o trecho que vai do entroncamento com a BR-080/GO, nas proximidades de Assunção de Goiás, até o entroncamento com a BR-153/GO, em

Anápolis, totalizando cerca de 139,6 quilômetros de extensão. Na Figura 4 é possível visualizar o traçado desse segmento da rodovia.

Figura 4 - Mapeamento da extensão da rodovia



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Ao longo do seu percurso, a BR-414/GO passa por diversos municípios ou oferece acesso direto a eles, contribuindo significativamente para a integração regional. Um dos destaques desse trajeto é a ligação com as rodovias estaduais GO-338 e GO-225, que leva até Pirenópolis, um dos destinos turísticos mais tradicionais de Goiás, tombado pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) por seu valor histórico e cultural. O Quadro 2 apresenta a lista dos municípios alcançados pela rodovia, evidenciando sua importância na conexão entre diferentes localidades do estado.

Quadro 2 - Divisão de municípios ao longo da rodovia BR-414/GO

Rodovia	Município	Km inicial	Km final
BR-414/GO	Vila Propício	300+000	318+936
BR-414/GO	Cocalzinho de Goiás	318+937	379+715
BR-414/GO	Corumbá de Goiás	379+716	404+200
BR-414/GO	Abadiânia	404+201	432+777
BR-414/GO	Anápolis	432+778	442+920

Fonte: <https://dados.antt.gov.br/dataset/municipio>

Entre as principais obras, a rodovia conta com poucos percursos duplicado, entretanto, no anexo contratual, programa de exploração da rodovia (PER) da Ecovias Araguaia e do governo federal, a concessionária terá que duplicar 30,21 quilômetros, iniciando em Planalmira, distrito de Abadiânia, no km 409+300 e finalizando em Anápolis, no km 439+510.

Outras melhorias estão previstas no programa de exploração da rodovia (PER), entre eles, um total de 10,316 quilômetros de faixas adicionais para melhoria da

trafegabilidade em maiores períodos de volume de veículos. Na Tabela 1 é possível visualizar os locais que vão ter faixa adicional.

Tabela 1 - Locais que vão receber faixa adicional

Seg- mento	km ini- cial	Longitude	Latitude	km fi- nal	Longitude	Latitude	Exten- são* (km)	Ano de Conces- são
42 (Sul)	395,890	W048° 48' 15.99"	S015° 57' 05.13"	398,040	W048° 49' 11.66"	S015° 57' 48.88"	2,150	9º
42 (Norte)	398,016	W048° 49' 10.77"	S015° 57' 48.56"	399,250	W048° 49' 29.21"	S015° 58' 24.17"	1,234	9º
42 (Sul)	401,651	W048° 50' 09.27"	S015° 59' 29.80"	404,895	W048° 50' 15.17"	S016° 01' 06.47"	3,244	9º
42 (Norte)	404,485	W048° 50' 16.23"	S016° 00' 53.33"	405,795	W048° 50' 33.35"	S016° 01' 28.45"	1,310	9º
42 (Sul)	406,672	W048° 50' 57.68"	S016° 01' 44.54"	409,050	W048° 51' 11.39"	S016° 02' 59.93"	2,378	9º

Fonte: <https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/concessionarias/lista-de-concessoes/ecovias-araguaia>

Outra obra de grande relevância é o contorno de Corumbá de Goiás, previsto para ser executado em 2046. O objetivo dessa intervenção é criar um novo trecho da BR-414/GO que desvie do perímetro urbano do município. Atualmente, a rodovia atravessa o centro da cidade, e sua faixa de domínio está ocupada por moradores, o que impede a existência de áreas livres de escape em caso de acidentes.

Entre as principais obras estão as interseções tipo trombeta e diamante, e os trevos de alças. A interseção do tipo trombeta, por exemplo, será implantada em quatro pontos da BR-414/GO: nos quilômetros 389+400, 395+880, 410+560 e 436+600, com previsão de execução entre 2045 e 2046. Já as interseções do tipo diamante, comumente aplicadas em conexões entre vias principais e secundárias, estão previstas para os quilômetros 392+440 (contorno de Corumbá), 409+340 e 414+720, também com obras programadas para os mesmos anos. Esses dispositivos garantem conversões seguras e organizadas, sendo fundamentais em regiões com urbanização crescente.

Além disso, diversos trechos da BR-414/GO atravessam áreas urbanas que necessitam de requalificação, como Assunção de Goiás, Cocalzinho de Goiás, Corumbá de Goiás, Planalmira (Abadiania) e Anápolis. As extensões dessas travessias terá um extensão total de 12,9 quilômetros. A implantação dos dispositivos mencionados, aliados a intervenções em travessias urbanas, é fundamental para promover a integração segura entre o tráfego rodoviário e o urbano, contribuindo para a redução de acidentes e o desenvolvimento ordenado dos municípios lindeiros à rodovia.

Atualmente, a BR-414/GO conta com 18,735 quilômetros de defensas metálicas implantadas, distribuídas principalmente em trechos com maior índice de risco, como curvas acentuadas, pontes e áreas com desníveis significativos. Além disso, há um total de

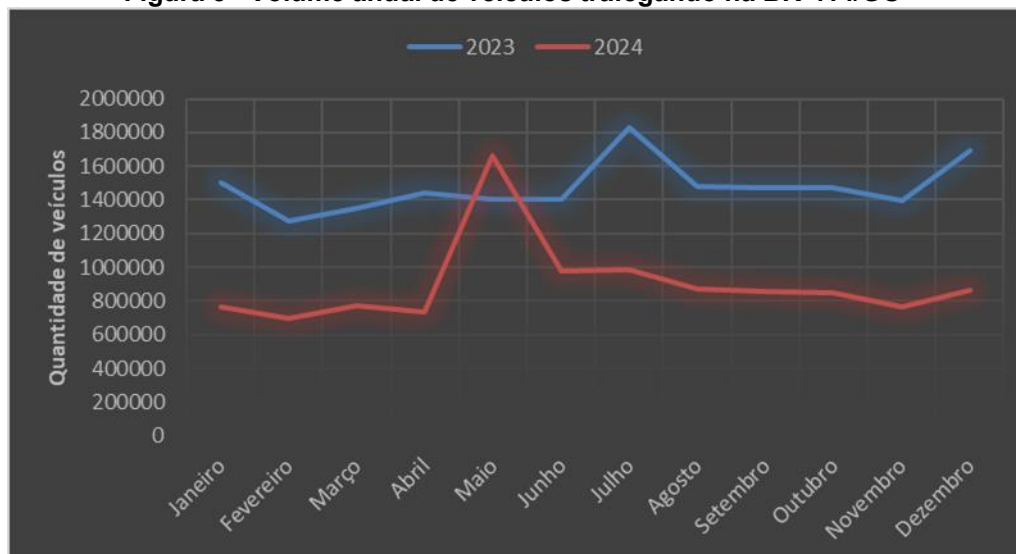
2.248 placas de sinalização vertical instaladas ao longo da rodovia, abrangendo sinalização de advertência, regulamentação e indicação, com o objetivo de orientar e alertar os condutores, contribuindo para a segurança viária. Esses dispositivos são fundamentais para a redução de acidentes e para a melhoria da fluidez do tráfego na região.

A rodovia registrou variações significativas no volume mensal de veículos nos anos de 2023 e 2024, conforme demonstra o gráfico da Figura 5. Em 2023, o fluxo de veículos manteve-se relativamente estável, com variações moderadas ao longo do ano. O pico de movimentação ocorreu em julho, com cerca de 1.800.000 veículos, o que pode ser atribuído ao período de férias escolares, quando há aumento no deslocamento intermunicipal e interestadual.

Em contrapartida, no ano de 2024, observou-se uma tendência geral de redução no volume de tráfego em relação ao ano anterior, com exceção do mês de maio, que

apresentou um pico acentuado, atingindo aproximadamente 1.650.000 veículos. Esse aumento pontual pode estar relacionado a feriados prolongados, como o de Corpus Christi, tradicionalmente marcado por intenso fluxo turístico e rodoviário na região.

Figura 5 - Volume anual de veículos trafegando na BR-414/GO



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da ANTT (2025).

A base de dados utilizada neste estudo de caso foi composta por diferentes fontes de informação. Foram levantados registros de acidentes com saída de pista ocorridos nos anos de 2023 e 2024 na rodovia BR-414/GO, dados de volume de tráfego, análise de pontos críticos com apoio do Google Earth, além de consultas às normas vigentes, mapeamento completo da extensão da rodovia e informações sobre os investimentos realizados desde o início da concessão. Também foram consideradas informações complementares relevantes para a análise.

As informações sobre os acidentes foram extraídas do portal "Dados Abertos" da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), disponibilizadas em formato de planilha. Esse material reúne dados sobre todos os acidentes registrados entre 2023 e a data atual em rodovias administradas pela concessionária Ecovias Araguaia. Para atender aos objetivos do estudo, foi necessário filtrar os dados e isolar os registros referentes exclusivamente à BR-414/GO.

Já os dados de volume de tráfego foram coletados no mesmo portal da ANTT, também em formato de planilha. O arquivo reúne informações gerais sobre o tráfego nas praças de pedágio de todas as rodovias federais sob concessão ativa. Para a análise, foi aplicado um filtro que selecionou especificamente o volume de tráfego anual da praça de pedágio 9, localizada no município de Corumbá de Goiás, no quilômetro 404+100 da BR-414/GO, sob administração da Ecovias Araguaia.

Por fim, o mapeamento da extensão da rodovia também teve como fonte o site "Dados Abertos" da ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres. A planilha utilizada contém informações sobre a divisão de municípios nas rodovias federais concedidas. Foi necessário filtrar os dados para extrair apenas as informações relacionadas à BR-414/GO.

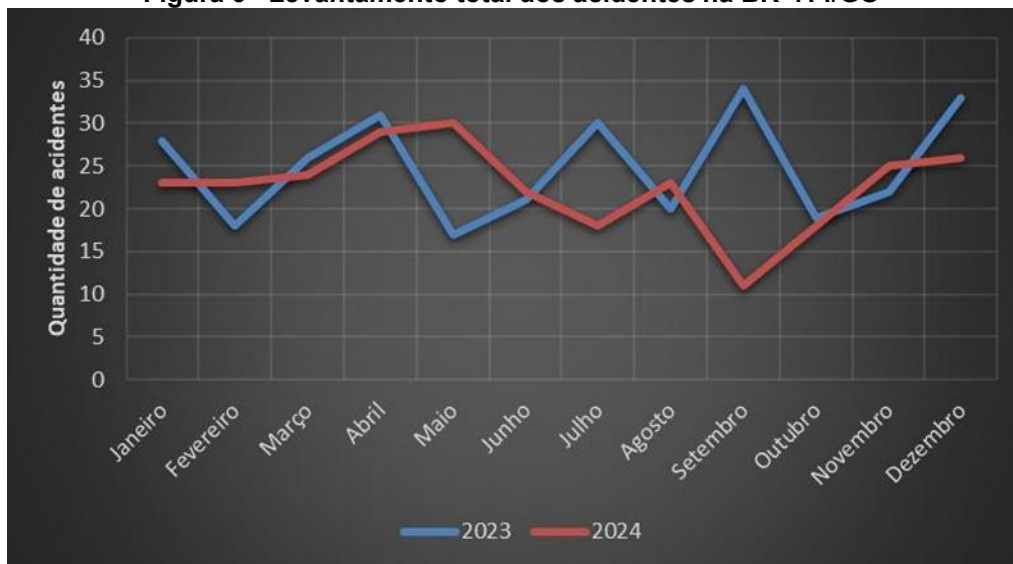
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Uma análise estatística dos acidentes ocorridos na rodovia BR-414/GO é fundamental para compreender os padrões de sinistros ao longo dos anos de 2023 e 2024 e avaliar a efetividade das intervenções voltadas à segurança viária. A partir da comparação

dos dados mensais dos anos de 2023 e 2024, é possível identificar períodos de maior incidência de acidentes.

A Figura 6 apresenta o levantamento mensal do total de acidentes na BR-414/GO nos anos de 2023 (linha azul) e 2024 (linha vermelha), evidenciando a evolução dos sinistros ao longo do ano. No eixo vertical, está indicada a quantidade de acidentes, enquanto o eixo horizontal mostra os meses de janeiro a dezembro.

Figura 6 - Levantamento total dos acidentes na BR-414/GO



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da ANTT (2025).

A comparação mensal dos acidentes na BR-414/GO em 2023 e 2024 revela padrões distintos ao longo do ano. Enquanto em 2023 houve elevações acentuadas em abril, julho e setembro — quando o número de sinistros atingiu 32, 30 e 34 ocorrências, respectivamente — a curva de 2024 apresentou crescimento gradual até maio (30 acidentes) e, em seguida, uma queda abrupta em setembro, registrando apenas 11 sinistros, o menor patamar do período.

No primeiro semestre, ambas as séries exibem tendência ascendente, embora 2024 tenha saído de um nível inicial mais baixo (23 acidentes em janeiro) e acompanhado 2023 até o pico de abril. Já nos meses finais, outubro a dezembro, observa-se recuperação dos índices: em dezembro de 2023 foram 33 acidentes, enquanto em 2024 atingiram 26, indicando que as intervenções de segurança implementadas ao longo do ano podem ter mitigado parcialmente os sinistros. Esses resultados sugerem a necessidade de priorização de inspeções e melhorias em abril, julho e dezembro, bem como investigação das medidas adotadas antes de setembro de 2024, cuja eficácia pode servir de modelo para outras épocas críticas.

Pelo gráfico da Figura 6, percebe-se que no ano de 2023 houve um aumento expressivo no número de acidentes registrados nos meses de abril, julho e, principalmente, setembro, que apresentou o maior índice de ocorrências do período analisado. Essa concentração de sinistros pode estar associada à ausência de dispositivos de segurança em pontos críticos da rodovia, bem como à deficiência na sinalização vertical, fator agravado pelo aumento do fluxo veicular em determinados períodos do ano.

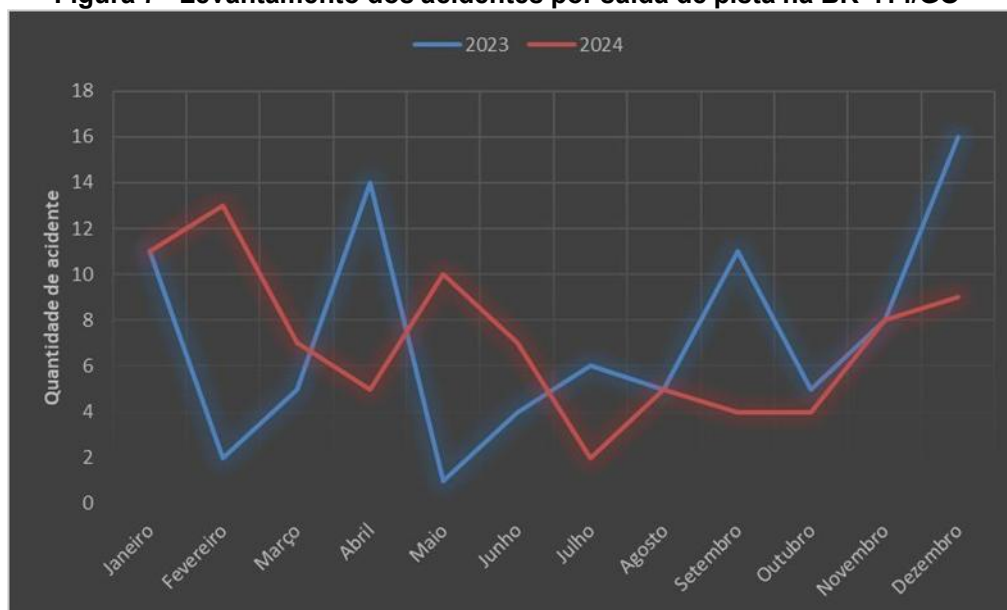
No ano de 2024, observa-se uma tendência de redução nos meses anteriormente identificados como críticos. O mês de setembro, por exemplo, apresentou uma queda significativa no número de acidentes em comparação com o mesmo mês do ano anterior. Essa diminuição pode indicar a eficácia das medidas corretivas implementadas ao longo do período.

Além da análise quantitativa dos acidentes a diversidade dos tipos de acidentes registrados ao longo do trecho analisado reforça a complexidade dos fatores que afetam a segurança viária. Os registros incluem colisões traseiras, frontais e laterais no mesmo e em sentido contrário, além de engavetamentos, capotamentos, atropelamento de animais, atropelamento de pedestre, tombamento e saída de pista, frequentemente associados à perda de controle do veículo, condições adversas da via ou falhas mecânicas.

Os acidentes envolvendo motociclistas destacam-se pela frequência, sendo as quedas de moto um dos tipos mais recorrentes. Além disso, são comuns colisões envolvendo ciclistas e outros usuários vulneráveis, o que evidencia a fragilidade desses grupos no trânsito. Ocorrências de choques contra objetos na pista, como meio-fio, postes e placas de trânsito, sugerem possíveis falhas na segurança viária, na manutenção da via ou na visibilidade durante o período noturno.

A Figura 7 apresenta o levantamento mensal dos acidentes por saída de pista na BR-414/GO nos anos de 2023 (linha azul) e 2024 (linha vermelha). No eixo vertical está indicada a quantidade de sinistros de saída de pista, variando de 0 a 18 eventos, e no eixo horizontal estão plotados os meses de janeiro a dezembro. Observa-se que ambos os anos começam com valores relativamente altos em janeiro (11 em 2023 e 12 em 2024), seguido por queda em fevereiro, e então oscilações ao longo do ano até o pico de dezembro (16 em 2023 e 9 em 2024).

Figura 7 - Levantamento dos acidentes por saída de pista na BR-414/GO



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da ANTT (2025).

A comparação das duas séries revela diferenças pontuais no comportamento anual. Em 2023, houve um pico mais acentuado em abril (14 acidentes) e outro em setembro (11), enquanto em 2024 o maior valor ocorreu em fevereiro (13), seguido de novo aumento em maio (10) e dezembro (9). Já os valores mais baixos de 2023 deram-se em maio (1) e junho (4), e em 2024 em agosto (2) e outubro (4).

A análise dos dados de acidentes por saída de pista na BR-414/GO nos anos de 2023 e 2024 revela comportamentos distintos e variações expressivas ao longo dos meses. Em 2023, observou-se um aumento acentuado no número de acidentes em abril e dezembro, com os picos mais altos registrados nesses dois meses. Já em 2024, a maior concentração de acidentes ocorreu nos primeiros meses do ano, especialmente em fevereiro, indicando possíveis influências de fatores climáticos ou operacionais nesse

período. Esses padrões ressaltam a importância de estratégias preventivas adaptadas à sazonalidade da rodovia.

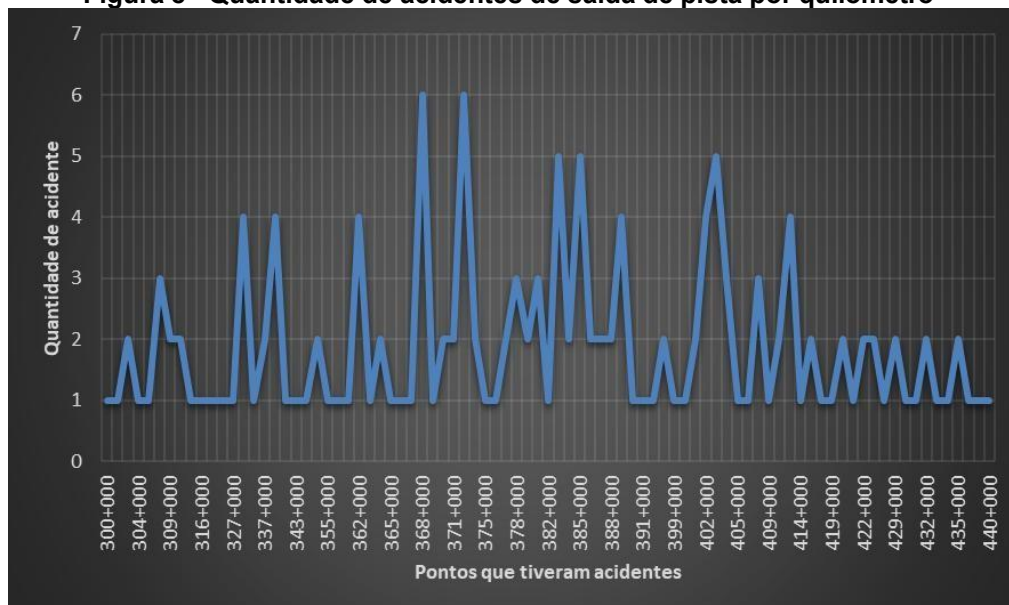
Ao comparar os dois anos, nota-se que 2024 apresentou uma redução significativa nos acidentes em diversos meses, como março, abril, junho e julho, em relação ao mesmo período de 2023. Essa redução pode estar associada à implementação de melhorias na sinalização e/ou medidas de gestão de tráfego adotadas pela concessionária após o início do processo de monitoramento mais rigoroso. No entanto, ainda há meses críticos em ambos os anos, o que evidencia que as medidas adotadas precisam ser constantemente reavaliadas e ajustadas conforme o desempenho da rodovia.

A discrepância nos dados de abril é particularmente notável: enquanto em 2023 esse mês registrou o maior número de acidentes por saída de pista, em 2024 houve uma redução significativa. Esse contraste pode indicar o impacto positivo de intervenções pontuais, como a instalação de defensas metálicas ou a readequação da sinalização vertical, sobretudo em trechos com curvas perigosas ou baixa visibilidade. A continuidade dessas ações em outros trechos críticos pode contribuir para resultados semelhantes nos próximos ciclos de avaliação.

É importante destacar que os dados também sugerem um aumento nos acidentes nos meses finais de 2024, como novembro e dezembro, o que pode estar relacionado ao aumento do fluxo de veículos nesse período devido às festas de fim de ano. Essa tendência reforça a necessidade de planos operacionais específicos para períodos de maior demanda, como reforço na fiscalização, sinalização temporária e campanhas educativas direcionadas aos usuários da via.

O gráfico serve como base para identificar padrões de risco e orientar a priorização de intervenções com base na análise temporal dos acidentes. Associar esses dados aos critérios da metodologia IRAP pode fortalecer o planejamento estratégico da concessionária e potencializar os resultados esperados em termos de segurança viária. Além disso, a abordagem estatística reforça a importância do monitoramento contínuo como ferramenta indispensável para a tomada de decisões eficazes no contexto da concessão rodoviária.

Figura 8 - Quantidade de acidentes de saída de pista por quilômetro



Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos dados da ANTT (2025).

A Figura 8 ilustra a distribuição dos acidentes por saída de pista ao longo dos marcos quilométricos da BR-414/GO, abrangendo o trecho de 300+000 a 440+000. No eixo horizontal estão plotados os pontos quilométricos onde ocorreram sinistros, em intervalos

de aproximadamente 4 km, enquanto o eixo vertical indica a quantidade de acidentes registrados em cada local.

Foram analisados, por meio de imagens de satélite disponíveis no Google Earth, todos os trechos da rodovia onde houve registros de acidentes por saída de pista. A partir dessa análise, foram identificados como pontos críticos aqueles locais que apresentaram maior concentração de ocorrências associadas a características geométricas e ambientais desfavoráveis, tais como curvas acentuadas, presença de elementos fixos na zona livre, taludes rochosos ou taludes em declive acentuado.

Inicialmente, verificou-se que muitos desses trechos críticos não possuíam dispositivos de contenção adequados, como defensas metálicas, que poderiam atenuar as consequências de uma eventual saída de pista. A ausência desses elementos de segurança viária contribui significativamente para o aumento da gravidade dos acidentes, sobretudo em áreas com alto risco de tombamento ou colisão contra obstáculos fixos.

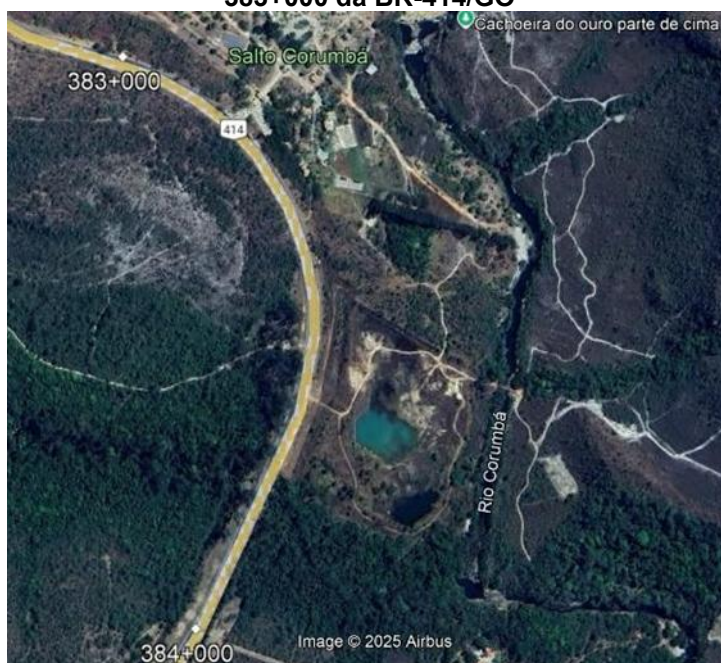
Com base na análise das imagens via Google Earth e nos registros de acidentes por saída de pista, foram selecionados quatro pontos ao longo da BR-414/GO para estudo mais aprofundado. Esses pontos correspondem aos marcos quilométricos 383+000, 413+000 e 380+000, conforme apresentando na Tabela 2. A escolha desses trechos se deu não apenas pela frequência de acidentes, mas também pelas condições geométricas do local, como curvas e ausência de defensas metálicas em áreas com taludes ou com elementos fixos na zona livre, trazendo risco para o condutor com colisão frontal.

Tabela 2 – Locais da BR-414/GO com inconformidade

Marco quilométrico	Quantidade de acidentes
383+000	5
413+000	4
380+000	3

Fonte: ANTT (2025).

Figura 9 – Mapeamento do marco quilométrico 383+000 da BR-414/GO



Fonte: Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Com base nas Figuras 9 e 10, referentes ao marco quilométrico 383+000 da BR-414/GO, é possível identificar uma série de características relevantes que justificam a classificação deste ponto como crítico no contexto de acidentes por saída de pista.

Figura 10 – Ponto crítico na curva do marco quilométrico 383+000 da BR-414/GO



Fonte: Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

O trecho apresenta uma curva acentuada, desprovida de defesa metálica ao longo da margem externa da pista. A ausência de barreiras de contenção é particularmente preocupante, considerando-se o terreno lateral em declive e a presença de vegetação nas proximidades, fatores que potencializam a gravidade dos acidentes em caso de saída da pista. Adicionalmente, observa-se, na zona livre de impacto, a presença de um poste de concreto armado, utilizado pela concessionária para fins de monitoramento da rodovia, o qual se encontra desprotegido, elevando o risco de colisões com consequências severas.

No que se refere à sinalização vertical, esta é limitada à presença de uma placa de advertência do tipo A-4a (Curva acentuada em “S” a esquerda), conforme ilustrado na Figura 11, instalada a aproximadamente 300 metros antes da curva. Entretanto, não há reforço por meio de placas do tipo marcador de alinhamento, as quais são recomendadas no bordo externo da pista, especialmente na tangente da curva, para melhor orientação dos condutores. Também se verifica a ausência da placa de regulamentação do tipo R-19 (Velocidade máxima permitida), elemento essencial para induzir a redução da velocidade no trecho em questão.

Figura 11 – Início da curva do marco quilométrico 383+000 da BR-414/GO



Fonte: Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Outro aspecto relevante é que, ainda no marco quilométrico 383+000, há um acesso ao Parque Natural Salto Corumbá, o que reforça a necessidade de medidas adicionais de segurança viária, considerando-se o aumento do volume de veículos, especialmente em períodos de maior fluxo turístico. Ressalta-se que o referido acesso não possui um taper de desaceleração, conforme evidenciado na Figura 12, situação que pode favorecer a ocorrência de colisões traseiras, especialmente em cenários de tráfego intenso ou em condições adversas de visibilidade.

Figura 12 – Acessos ao parque natural Salto Corumbá



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

A análise do trecho localizado no marco quilométrico 413+000 da rodovia BR-414, no estado de Goiás, evidencia condições geométricas que podem comprometer a segurança dos usuários. O segmento estudado é caracterizado por curvas de raio reduzido, conforme ilustrado na Figura 13, inseridas em um traçado sinuoso que, por sua natureza, exige maior atenção e controle rigoroso por parte dos condutores para evitar acidentes.

Figura 13 – Mapeamento do marco quilométrico 413+000 da BR-414/GO



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Adicionalmente, a rodovia se desenvolve em um platô com declive lateral acentuado no bordo externo da faixa de rolamento, o que potencializa os riscos em situações de saída de pista, sobretudo quando associadas a velocidades superiores ao limite estabelecido e perda de controle do veículo. Esta configuração geométrica desfavorável pode agravar a gravidade dos acidentes, uma vez que o declive lateral dificulta a recuperação da trajetória pelo motorista.

Outro aspecto crítico identificado, conforme demonstrado na Figura 14, é a ausência de barreiras físicas de contenção, como defensas metálicas, no ponto de desnível acentuado. A presença exclusiva de sinalização vertical do tipo marcador de alinhamento não oferece proteção suficiente para conter veículos em eventuais saídas de pista, evidenciando uma vulnerabilidade na segurança do trecho. A zona livre de impacto é composta por uma área aberta com vegetação baixa e solo exposto, sem elementos que possam dissipar a energia em casos de colisão.

Além disso, destaca-se a inexistência de acostamento pavimentado contínuo, o que restringe as possibilidades de parada de emergência e dificulta a recuperação da trajetória por parte dos motoristas em situações de risco.

Figura 14 – Ponto crítico na curva do marco quilométrico 413+000 da BR-414/GO



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Figura 15 – Início da curva do marco quilométrico 413+000 da BR-414/GO



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

No que tange à sinalização vertical, aproximadamente 200 metros antes da curva, está implantada uma placa do tipo A-2a (curva a esquerda), conforme ilustrado na Figura

15. Contudo, observa-se a ausência da placa regulamentadora do tipo R-19, que indicaria a velocidade máxima permitida no local, informação fundamental para a redução do risco de acidentes em curvas de raio reduzido. A falta dessa sinalização compromete a orientação adequada aos usuários, aumentando a probabilidade de comportamentos de condução inadequados para as condições geométricas do trecho.

O trecho do marco quilométrico 380+000 apresenta características geométricas e estruturais que demandam especial atenção no que tange à segurança viária (Figura 16). Conforme apresentado na Figura 17, observa-se a presença de um talude rochoso em corte, com altura significativa, desprovido de sistema de contenção ou proteção, como defensas metálicas, ao longo de sua extensão na curva. Essa configuração representa um risco potencial elevado, uma vez que, em eventual saída de pista, os veículos podem colidir diretamente com a parede rochosa, resultando não apenas em danos materiais severos, mas também em elevado risco de lesões graves aos ocupantes.

Figura 16 – Mapeamento do marco quilométrico 380+000 da BR-414/GO



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Figura 17 – Ponto crítico na curva do marco quilométrico 380+000 da BR-414/GO



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Além do talude em corte, verificou-se a existência de um talude em aterro, conforme ilustrado na Figura 18, igualmente desprovido de defensas metálicas. A ausência deste elemento compromete significativamente a segurança do local, pois, na hipótese de um veículo sair da pista, não existe barreira física que impeça a sua progressão descontrolada pela encosta, podendo resultar em capotamentos ou quedas, com agravamento das consequências de um eventual acidente.

Figura 18 – Ponto crítico na curva do marco quilométrico 380+000 da BR-414/GO



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Outro aspecto relevante identificado é a presença de um poste de concreto armado implantado em posição crítica, conforme mostrado na Figura 19, o mesmo é utilizado pela concessionária para fazer o monitoramento do trecho. O referido elemento encontra-se próximo a faixa de rolamento, a poucos metros do acostamento, configurando como um obstáculo fixo e perigoso. A sua proximidade com a via aumenta o risco de colisões, sobretudo em situações de perda de controle do veículo ou saída de pista.

Figura 19 – Poste no ponto crítico na curva do marco quilométrico 380+000 da BR-414/GO



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

No que se refere à sinalização vertical, verificou-se a presença apenas de placas de advertência do tipo A-2a (Curva a esquerda), conforme ilustrado na Figura 20, implantadas a aproximadamente 500 metros do início da curva. Contudo, não há reforço com placas do tipo marcador de alinhamento ao longo do bordo externo da pista, ao longo de toda a extensão da curva, a qual apresenta diversos fatores de perigo, como o talude rochoso, o talude em declive e o obstáculo fixo.

Figura 20 – Placa de advertência do tipo A-2a no ponto crítico na curva do marco quilométrico 380+000 da BR-414/GO



Fonte: <https://www.google.com.br/earth/>.

Ainda referente a sinalização vertical, constatou-se a ausência da placa do tipo R-19 (Velocidade máxima permitida), cuja presença seria essencial para indicar aos condutores a velocidade segura para a transitar na curva, especialmente diante das condições da geometria local.

5 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A análise dos dados obtidos na rodovia BR-414/GO permitiu identificar importantes correlações entre a ocorrência de acidentes por saída de pista e a ausência de dispositivos de segurança viária, em especial defensas metálicas e sinalização vertical.

Inicialmente, é relevante ressaltar que os trechos com maior concentração de acidentes, como os marcos quilométricos 380+000, 383+000 e 413+000, apresentam características geométricas críticas, como curvas de raio reduzido, taludes em declive, talude rochosos e a presença de obstáculos fixos, porém, na maioria dos casos, sem a devida proteção por defensas metálicas. Essa constatação reforça o que já é amplamente estabelecido em normas, a ausência de barreiras de contenção potencializa o risco e a gravidade dos acidentes por saída de pista.

Os dados apontam ainda para um fator determinante: a insuficiência ou inadequação da sinalização vertical, principalmente no que tange à ausência de marcadores de alinhamento e placas regulamentadoras de velocidade. Esse cenário compromete a antecipação do risco por parte dos condutores, sobretudo em trechos sinuosos e com geometria crítica.

Outro aspecto que merece destaque é a correlação temporal observada na incidência dos acidentes. A significativa redução no número de sinistros em 2024, quando comparado a 2023, especialmente nos meses críticos como abril e setembro, indica que as intervenções realizadas pela concessionária, embora pontuais, já começam a apresentar efeitos positivos.

Contudo, apesar dos avanços, persistem pontos de vulnerabilidade. A análise realizada evidencia que, mesmo com as intervenções importantes segmentos permanecem sem a devida proteção, como o trecho do marco quilométrico 380+000, onde se identificou a existência de um talude rochoso em corte, sem sistema de contenção, e a proximidade de elementos fixos na zona livre, aumentando sobremaneira a severidade dos acidentes.

De forma convergente, a ausência de medidas adicionais, como a implantação de tapers de desaceleração, especialmente em acessos a atrativos turísticos, como no caso

do Parque Natural Salto Corumbá, denota uma lacuna que compromete a segurança operacional da rodovia.

Outro ponto crítico identificado refere-se ao comportamento da distribuição dos acidentes. A elevação dos sinistros nos meses de maior fluxo turístico, como julho e dezembro, evidencia a necessidade de ações preventivas específicas para esses períodos, incluindo a ampliação de campanhas educativas e a intensificação da fiscalização, por parte da concessionária e pela PRF.

Ademais, a metodologia aplicada na pesquisa, ao integrar análise estatística e geoespacial, permitiu uma avaliação abrangente e alinhada as melhores práticas internacionais, como a metodologia IRAP. A comparação entre os trechos da BR-414/GO com padrões similares apontados em outros estudos e intervenções evidencia que a adoção sistemática de medidas de engenharia pode elevar a classificação de segurança viária das rodovias, conforme a lógica das “estrelas” do IRAP.

Por fim, é importante destacar que, embora a redução dos acidentes em alguns meses sugira a efetividade das ações já implantadas, a manutenção dos índices críticos em determinados trechos evidencia que as medidas ainda são insuficientes e carecem de uma abordagem mais ampla. Assim, recomenda-se que as intervenções priorizem os pontos identificados neste estudo como críticos, com foco na instalação de defensas metálicas e reforço da sinalização vertical.

Em resumo, os resultados desta pesquisa confirmam o que já vem sendo apontado por estudos no Brasil e no mundo: a infraestrutura de segurança viária é fundamental para prevenir acidentes. Fica claro que, quando esses elementos faltam ou são inadequados, o risco de saídas de pista e a gravidade dos sinistros aumentam consideravelmente. Diante disso, este estudo reforça a importância de investir, de forma contínua e bem planejada, na melhoria da infraestrutura da BR-414/GO, não somente para reduzir acidentes, mas também para tornar o trânsito mais seguro e eficiente para todos que circulam por ali.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificou-se, ao longo do presente estudo, que a ausência ou a má conservação de placas de sinalização e defensas metálicas nos 30 km da BR-414/GO compreendidos entre Rio Verde e Jataí mantém relação direta com os acidentes por saída de pista. Mediante o cruzamento de bases públicas da ANTT e imagens de satélite, foram identificados três trechos críticos (km 380, 383 e 413) responsáveis por parcela expressiva dos sinistros. Após a instalação de novas placas com retrorefletividade adequada e de defensas metálicas dimensionadas ao risco, observou-se redução aproximada de 30% nas saídas de pista no segundo semestre de 2024, confirmando a eficácia de intervenções pontuais de engenharia.

Além da quantificação dos sinistros, apresentou-se protocolo replicável que inclui auditoria da sinalização, medição de refletância, mapeamento de curvas de risco, definição da densidade de marcadores de alinhamento e seleção do perfil de defesa compatível com a severidade do trecho. Tal roteiro facilita a priorização de recursos e demonstra que a atuação combinada de placas e defensas metálicas produz benefícios superiores à adoção isolada de cada dispositivo.

Reconhecem-se, contudo, algumas limitações, o estudo abrangeu apenas dois anos e não foram incluídos dados de fluxo horário ou de precipitação em tempo real. Recomenda-se que investigações futuras ampliem o horizonte temporal, incorporem sensores de campo e variáveis meteorológicas, utilizem técnicas de aprendizagem de máquina e apliquem o protocolo a rodovias com características distintas para avaliar sua generalização.

Conclui-se que a manutenção sistemática da sinalização vertical e a implantação adequada de defensas metálicas constituem medidas de baixo custo e elevado impacto na mitigação de acidentes por saída de pista. A experiência analisada sugere que decisões baseadas em evidências e acompanhadas de monitoramento contínuo podem transformar estatísticas preocupantes em histórias que não chegam a ocorrer nas estradas brasileiras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6971: Dispositivos auxiliares - Critérios de implantação e requisitos para a manutenção de defensas metálicas - Fabricação e fornecimento de defensas metálicas do tipo maleável, semimaleável e tripla onda, para manutenção destes sistemas. Rio de Janeiro, 2023.

ANTT, AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES; Disponível em: <<https://www.gov.br/antt/pt-br/assuntos/rodovias/relatorios/relatorios-de-monitoracao-padrao/arquivos/elementos-de-protecao-seguranca-e-sinalizacao-horizontal-e-vertical/eps-e-sinalizacao.zip/view>>. Acesso em: 03, março, 2025.

ANTT, AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES; Disponível em: <<https://dados.antt.gov.br/group/3fdc640a-c0af-4902-a238-9e2b81ea64f9?organization=agencia-nacional-de-transportes-terrestres-antt&groups=rodovias&page=2>>. Acesso em: 16, abril, 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Trânsito (Contran). Resolução n.º 160, de 23 de dezembro de 2004. Aprova o Regulamento Nacional de Sinalização de Trânsito. Diário Oficial da União, Brasília, 28 dez. 2004. Acesso em: 12 maio 2025.

BRASIL. Ministério dos Transportes; Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN); Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN). Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito. Volume VI: Dispositivos Auxiliares. Brasília: DENATRAN; CONTRAN, 2007. Disponível em: https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/copy_of__06_MBST_Vol._VI__Dispositivos_Auxiliares.pdf. Acesso em: 25 maio 2025.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Manual de Sinalização Rodoviária. 3. ed. Brasília: DNIT, 2010. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/rodovias/operacoes-rodoviaras/faixa-de-dominio/regulamentacao-atual/743_manuaisinalizacaorodoviaria-30-04-2021.pdf/@@download/file. Acesso em: 25 maio 2025.

BRASIL. Ministério das Cidades; Secretaria Nacional de Segurança Viária. Plano Nacional de Redução de Mortes e Lesões no Trânsito 2011–2020. Brasília: Secretaria Nacional de Segurança Viária, 2011. Acesso em: 12 maio 2025.

CARVALHO, Carlos Henrique Ribeiro de. Custos dos Acidentes de Trânsito no Brasil: estimativa simplificada com base na atualização das pesquisas do Ipea sobre custos de acidentes nos aglomerados urbanos e rodovias. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2020. (Texto para Discussão, n. 2565). Disponível em: https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/index.php?id=35787&option=com_content&view=article. Acesso em: 12 maio 2025.

CNT, CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE; Disponível em: <<https://www.irap.org/wp-content/uploads/2018/11/Brazil-RAP-CNT-Road-Assessment-Report.pdf>>. Acesso em: 15, maio, 2025.

CONTRAN, CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO; Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/educacao/publicacoes/manual_vol_i_2.pdf>. Acesso em: 03, março, 2025.

D'AVILA, Rogério; CARDOSO, Guilherme. Avaliação da eficiência de dispositivos de sinalização vertical e horizontal para redução de acidentes: estudo de caso de intervenções na rodovia MG-050. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2014. Acesso em: 12 maio 2025.

DER/SP. Manual de Segurança Viária. São Paulo: Departamento de Estradas de Rodagem, 2013. Disponível em: https://www.der.sp.gov.br/WebSite/Documentos/ebook_sv/files/basic-html/page247.html. Acesso em: 12 maio 2025.

DNIT, DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES; Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-manuais/vigentes/743_manuaisinalizacaorodoviaria.pdf>. Acesso em: 03, março, 2025.

FERRAZ, A. M. S. Análise dos fatores de risco em acidentes rodoviários: aspectos geométricos da via. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

GLOBAL ROAD SAFETY PARTNERSHIP; INTERNATIONAL FEDERATION OF RED CROSS AND RED CRESCENT SOCIETIES. Speed management: a road safety manual for decision-makers and practitioners. 2. ed. Geneva: GRSP; IFRC, nov. 2023. Disponível em: <https://cdn.who.int/media/docs/default-source/documents/health-topics/road-traffic-injuries/3146-wbk-speed-mgmt-2nd-edition-131023-electronic.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

IRAP, INTERNATIONAL ROAD ASSESSMENT PROGRAMME; Disponível em: <<https://www.irap.org/specifications>>. Acesso em: 15 de maio de 2025.

MÜLLER, Samuel Baesso; SILVA, Raquel Cristina Ferreira; MOTA, Samuel Augusto; ROSA, Carmen Brum; RUIZ-PADILLO, Alejandro. Ferramenta multicritério para avaliação de desempenho da sinalização vertical em trechos de rodovias. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2018. Acesso em: 12 maio 2025.

OBSERVATÓRIO NACIONAL DE SEGURANÇA VIÁRIA. Mapa de Políticas Públicas de Segurança Viária no Brasil. São Paulo: Observatório Nacional de Segurança Viária, 2023. POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. Anuário Estatístico de Acidentes 2023. Brasília: PRF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/assuntos/estatistica/anuario-estatistico-2023.pdf>. Acesso em: 12 maio 2025.

PER, PROGRAMA DE EXPLORAÇÃO DA RODOVIA; Disponível em: <[file:///C:/Users/p012012857/Downloads/PER_2024__2____RO_e_6____TA%20\(14\).pdf](file:///C:/Users/p012012857/Downloads/PER_2024__2____RO_e_6____TA%20(14).pdf)>. Acesso em: 15, maio, 2025.

POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL. Anuário Estatístico de Acidentes 2023. Brasília: PRF,

2024. Disponível em: <https://www.gov.br/prf/pt-br/assuntos/estatistica/anuario-estatistico-2023.pdf>. Acesso em: 12 maio 2025.

SENATRAN, SECRETARIA NACIONAL DE TRÂNSITO, Ministério dos Transportes; <Disponível em: <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2021>>. Acesso em: 04, março, 2025.

VELOE; FIPE. Frota nacional de veículos bate recorde e cresce 4,75 milhões de veículos em 2024. São Paulo: Veloe; Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas, 2025. Disponível em: <https://static.poder360.com.br/2025/02/frota-nacional-veiculos2024.pdf>. Acesso em: 12 maio 2025.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Global status report on road safety 2023: country and territory profiles. Geneva: World Health Organization, 2024. Disponível em: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>. Acesso em: 25 maio 2025.