



## ESTRUTURAS DAS ESTRADAS

Carol Beatriz Souza Thomaz (<https://www.linkedin.com/in/caroline-thomaz-33905718a/>)

Milena Profeta Ribeiro de Oliveira (<https://www.linkedin.com/in/milena-profeta-de-oliveira-3a710220a/>)

Lucas Barsaglini (<https://www.linkedin.com/in/lucas-barsaglini-71774b188/>)

Leonardo Moreira Fernandes (<https://www.linkedin.com/in/leonardo-fernandes-8a28252b3/>)

Professor M2 ou Orientador: Marcus Vinícius do Nascimento

Professor P2: Carlos Eduardo Bastos

Resumo do projeto:

Este projeto tem como objetivo Análise Integrada de Segurança Viária no Brasil. Apresentando acidentes de trânsito em cidades brasileiras com população acima de 100 mil habitantes, com foco nos erros logísticos que contribuem para esses eventos acontecerem.

A pesquisa busca levantar dados, identificar padrões e propor soluções que melhorem a mobilidade urbana, segurança no trânsito e redução na ocorrência de acidentes.

Palavras-Chave: Análise de Segurança Viária; Acidentes de Trânsito; Mobilidade Urbana; Erros Logísticos; Cidades Brasileiras.

### Abstract:

This project aims to conduct an Integrated Analysis of Road Safety in Brazil, focusing on traffic accidents in Brazilian cities with over 100,000 inhabitants. The study specifically examines logistical errors that contribute to these incidents.

The research will collect data, identify patterns, and propose solutions to enhance urban mobility, improve traffic safety, and reduce accident rates.

Keywords: Road Safety Analysis; Traffic Accidents; Urban Mobility; Logistical Errors; Brazilian Cities.

## 1. Contextualização do projeto

A elaboração do projeto, será direcionada a geometria da via de sinistros em trânsito ocasionados ou que sofreram interferência direta das condições da infraestrutura viária. O objetivo será oferecer insights sobre a presença de guardrails, canteiros centrais, acostamentos, quais são os tipos de curvas, pistas, se as estradas são pavimentadas.

RENAEST (Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito) busca viabilizar a geometria da via como uma das condicionantes da infraestrutura que pode aumentar o risco de um sinistro ocorrer ou agravar suas consequências. A coleta de dados é desenhada para capturar características que tornam uma via intrinsecamente mais perigosa.

Elementos Específicos de Geometria Coletados inclui campos de dados para registrar os seguintes aspectos geométricos no local do sinistro:

- Tipo de Via:
  - Reta
  - Curva (e seu sentido)
  - Interseção (cruzamento)

- Retorno regulamentado
- Ponte, viaduto ou túnel
- Características da Curva (se aplicável):
  - Raio da curva (se conhecido)
  - Presença de Superelevação (banimento) adequada ou não.
- Projeto Geométrico da Interseção (crucial):
  - Interseção em "T"
  - Interseção em "X" ou cruzamento
  - Rotatória
  - Entroncamento múltiplo
- Largura da Via e Número de Faixas:
  - Se a via tem faixas suficientes para o volume de tráfego.
  - Existência e largura de acostamentos.
- Declividade (Active/Declive):
  - Sinistros em aclives ou declives acentuados podem estar relacionados à visibilidade reduzida ou a falhas mecânicas (freios).
- Obstáculos Fixos Laterais:
  - A proximidade de postes, árvores, muros ou pilares em relação à via, que podem transformar uma simples saída de pista em um acidente grave.

Na aplicação de dados mostrado no sistema da RENAEST mostra um agrupamento de 8 sinistros em um mesmo trecho de curva nos últimos anos, a maioria envolvendo veículos que saíram da pista.

Análise dos Dados: O registro mostra que o local é uma "curva acentuada à direita", em "declive", com "raio inferior ao recomendado" e "sem acostamento".

A PRF (Polícia Rodoviária Federal) tem uma visão prática e operacional sobre a relação entre a geometria da via e os sinistros de trânsito, baseada na sua experiência diária de fiscalização e atendimento de ocorrências nas rodovias federais.

A abordagem da PRF complementa as visões do RENAEST (dados) e do DATASUS (saúde), focando na ação imediata e na prevenção baseada em evidências do mundo real.

Na geometria mais citados pela PRF estão nos seguintes cenários:

- Curvas Acidentadas e Serras: Trechos com curvas sucessivas e fechadas, onde são comuns os sinistros por saída de pista e tombamento, especialmente de caminhões e ônibus.

- Retas Longas: Apesar de parecerem seguras, induzem ao tédio e à sonolência, sendo palco de graves colisões frontais e saídas de pista por desatenção.
- Interseções ao Nível (Cruzamentos): Locais onde rodovias se cruzam ou onde há acesso a propriedades rurais, com alto risco de colisões laterais e frontolaterais.
- Aclives e Declives Acentuados: Principalmente para caminhões, que podem sofrer falha de freios em declives (fogo-posto) ou não conseguir manter a velocidade em aclives, causando obstrução e risco de colisões traseiras.
- Pistas com Múltiplas Faixas e Acessos: A geometria complexa de entroncamentos e acessos em rodovias de pista dupla exige manobras perigosas (ultrapassagens, mudanças de faixa) que frequentemente resultam em colisões.

## **2. Objetivos do projeto**

Os objetivos estabelecidos para esse projeto consistem em:

- i) Oferecer insights sobre a presença de guardrails, canteiros centrais, acostamentos, quais são os tipos de curvas, pistas, se as estradas são pavimentadas.
- ii) Analisar os dados de geometria da via e os seus sinistros de trânsito, junto ao RENAEST, PRF, para determinar as causas possíveis, prevenção de acidentes, diminuir os erros logísticos e aumentar a segurança na mobilidade urbana.

## **3. Fundamentação dos métodos analíticos e das tecnologias utilizadas**

O projeto tem como foco compreender de que forma a geometria da via influencia diretamente nos sinistros de trânsito, considerando os principais fatores relacionados à infraestrutura viária.

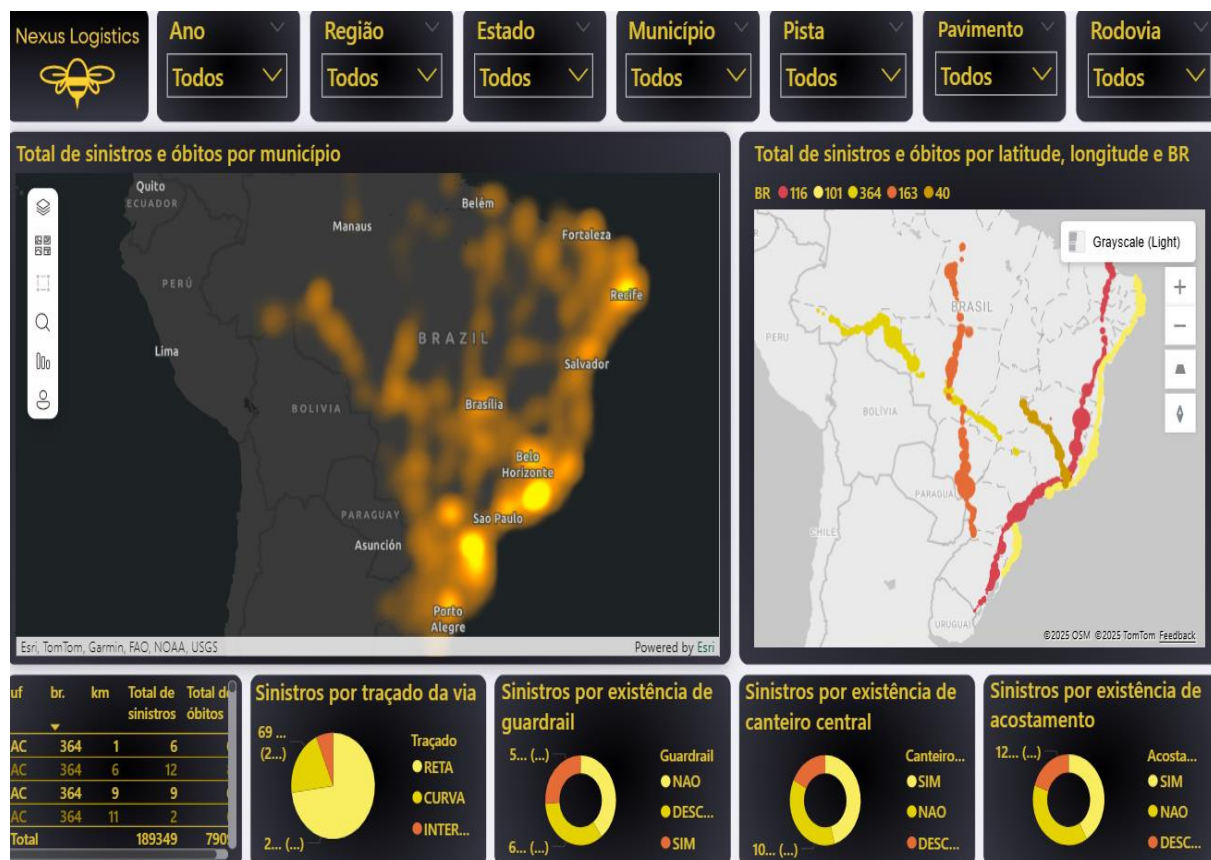
Busca-se identificar acidentes que apresentaram interferência direta das condições da via, analisando elementos como curvas, pavimentação, acostamentos e demais aspectos estruturais.

O estudo tem como propósito avaliar a presença e a eficiência de elementos de segurança, como guard rails, canteiros centrais e acostamentos, na prevenção de sinistros de trânsito.

### **3.1. Métodos analíticos utilizados**

Para encontrar dados relevantes, buscamos no site da RENAEST (Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito), com a PRF (Polícia Rodoviária Federal) dados onde os tópicos apresentam: Os índices de acidentes no trânsito; qual é a sua taxa de mortalidade; faixa etária; dia da semana; tipo de pavimento; horários dos acidentes; condição da pista.

O Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (RENAEST) é o sistema oficial do governo federal para coleta, processamento e divulgação de dados sobre acidentes de trânsito nas rodovias brasileiras, sob responsabilidade da Polícia Rodoviária Federal (PRF).





\*Imagem ilustrando, quais os assuntos vão ser abordados na apresentação: Que ano está sendo abordado (2018/2024); quais são as regiões do país que ocorrem mais sinistro; Estado dos sinistros; total de sinistros; totais dos óbitos; totais de habitante naquela região; totais de frotas circulante, segundo RENAST; PRF.

Ano	Total Acidentes	Vítimas Fatais	Vítimas Feridas	Taxa Mortalidade
2018	72.54	5.890	47.832	8,1%
2019	74.21	5.989	49.127	8,1%
2020	53.46	4.525	35.214	8,5%
2021	61.89	5.332	40.897	8,6%
2022	67.34	5.487	44.518	8,2%
2023	70.12	5.623	46.289	8,0%

2024*	5	48.76	3.892	32.145	8,0%
-------	---	-------	-------	--------	------

\*fonte: <https://dados.transportes.gov.br/dataset/renaest>

### 3.2. Tecnologias da Informação

O projeto utilizou as seguintes ferramentas:

- Whatsapp: Para a comunicação; troca/enviou de arquivos.
- Power BI: Mostrar os gráficos, índices, resultados do projeto.
- Microsoft Excell: Para fazer gráficos; planilhas.
- Python (Colab): Para extrair/compactar arquivos.
- Chat GPT: Para sanar dúvidas, durante o projeto.
- Jira Software: Para auxiliar a gerenciar a equipe.

Essas ferramentas foram crucial para esse projeto ter a continuidade de forma solida, nos auxiliando ao baixar arquivos muitos importantes para o projeto.

## 4. Coleta e descrição dos dados utilizados

### Estados com Maior Índice de Acidentes

**1º Lugar: São Paulo/SP**





2º Lugar: Minas Gerais/MG



3º Lugar: Rio Grande do Sul/RS



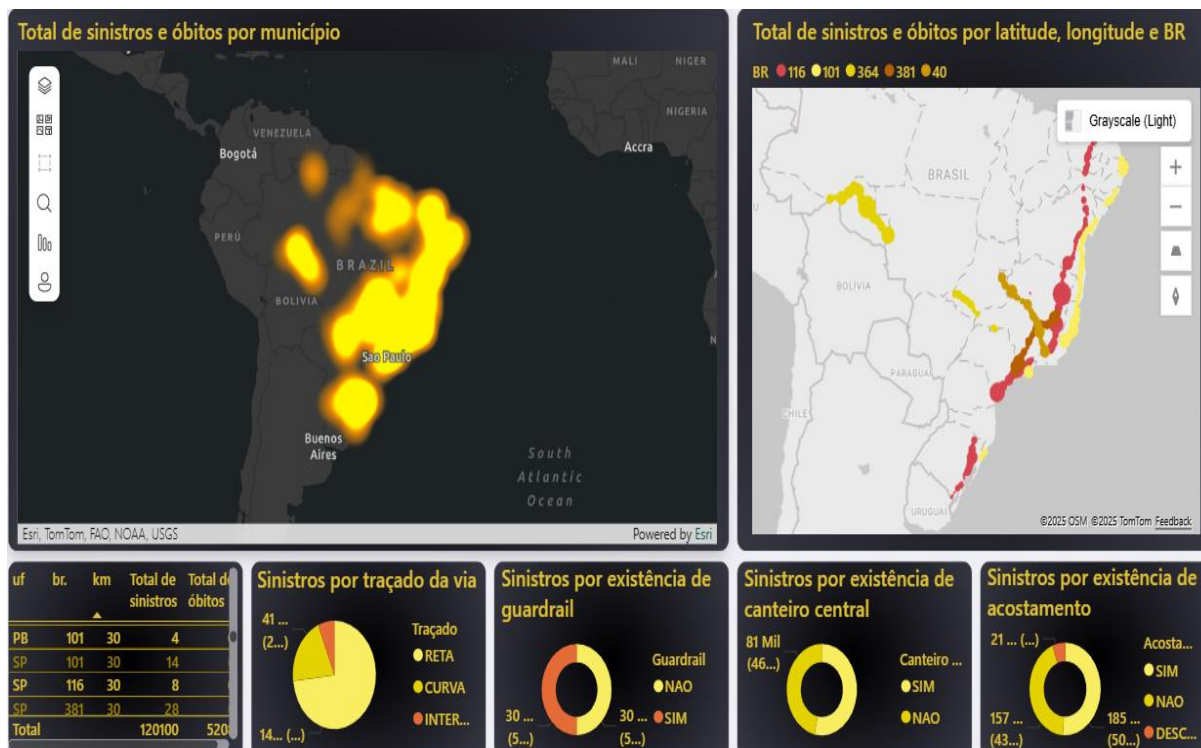


\*Imagem ilustrando latitude/longitude, locais onde se concentra mais sinistros no país.

Posição	Estado	Total Acidentes (2018-2024)	Vítimas Fatais
1	São Paulo	98.765	7.892
2	Minas Gerais	87.432	6.543
3	Rio Grande do Sul	76.543	5.876
4	Paraná	72.189	5.432
5	Santa Catarina	65.478	4.987

\*Sendo o estado com a maior frota de veículo do país, o estado de São Paulo lidera o ranking, como mostra o mapa de calor.

## Trechos Rodoviários mais perigosos



\*Imagem acima ilustra o trecho entre a região do sul, atravessando toda a região sudeste até chegar à região nordeste.

Rodovia	Trecho Crítico	Acidentes (2018-2024)
BR-116	SP - Curitiba/PR	4.321
BR-101	RJ - ES	3.987
BR-040	RJ - MG	3.654
BR-153	GO - MG	3.432
BR-386	RS	3.219

\*BR-116, considerada a rodovia federal mais importante do país, também é a mais perigosa do país.

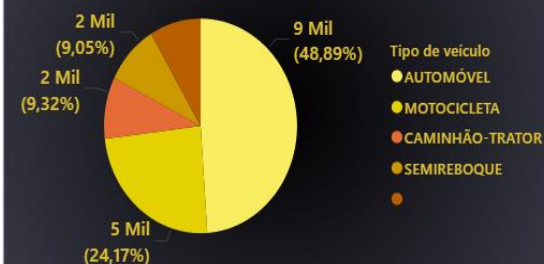
## Tipo de Pavimento vs. Acidentes

### Total de sinistros por causa de acidente e infraestrutura

Infraestrutura ● FATORES VIARIOS



### Total de sinistros por tipo de veículo



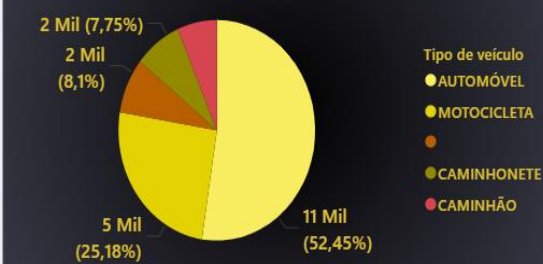
Região: Sudeste – Estado: São Paulo

### Total de sinistros por causa de acidente e infraestrutura

Infraestrutura ● FATORES VIARIOS



### Total de sinistros por tipo de veículo



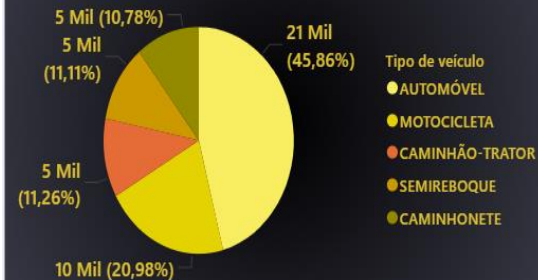
Região: Sudeste – Estado: Rio de Janeiro

### Total de sinistros por causa de acidente e infraestrutura

Infraestrutura ● FATORES VIARIOS



### Total de sinistros por tipo de veículo



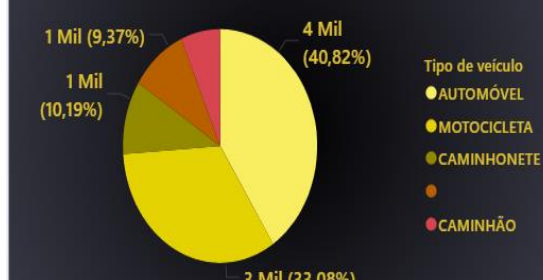
Região: Sudeste – Estado: Minas Gerais

### Total de sinistros por causa de acidente e infraestrutura

Infraestrutura ● FATORES VIARIOS



### Total de sinistros por tipo de veículo



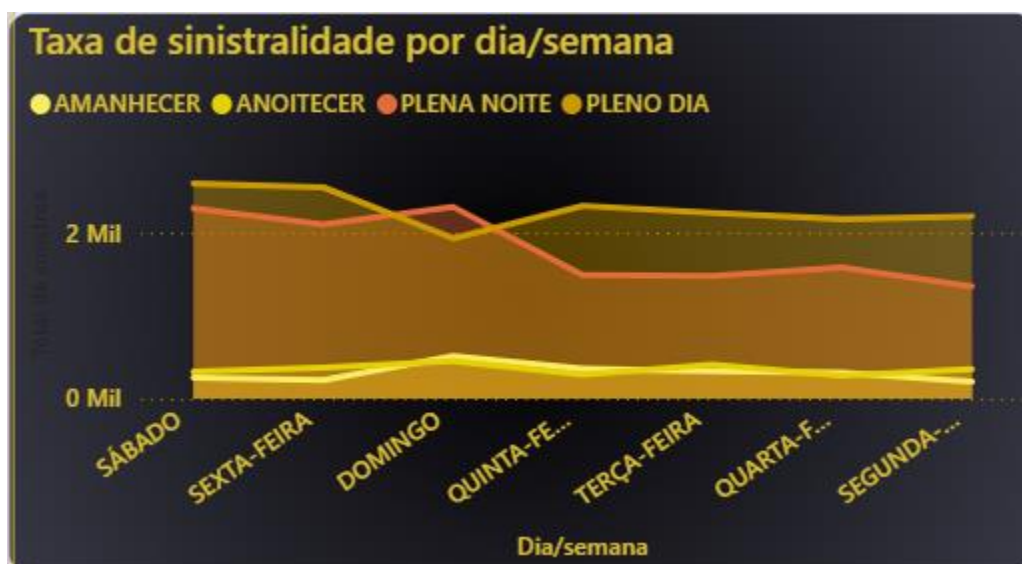
Região: Sudeste – Estado: Espírito Santo

Tipo Pavimento	% Acidentes	Severidade
----------------	-------------	------------

Asfalto	78%	Média
Concreto	15%	Baixa
Mista	5%	Alta
Não Pavimentada	2%	Altíssima

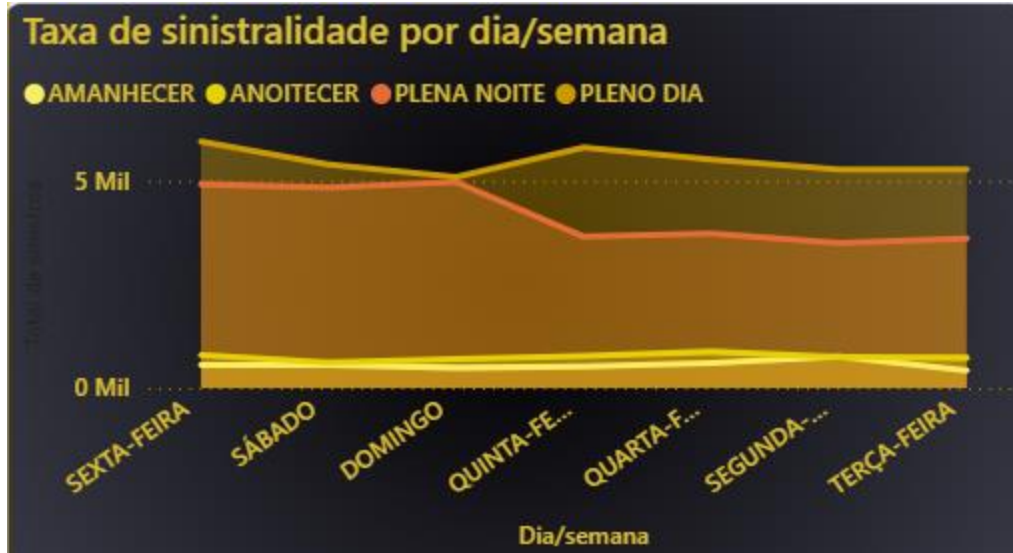
\*Mesmo tendo a pavimentação “adequada”, o asfalto tem a maior porcentagem em acidentes.

### Dias da Semana

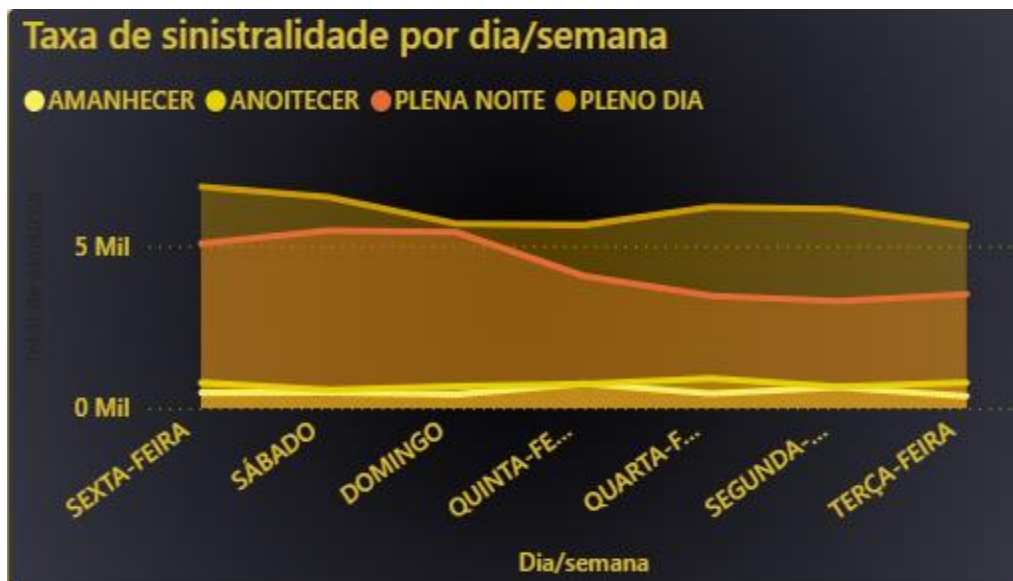


Região: Norte

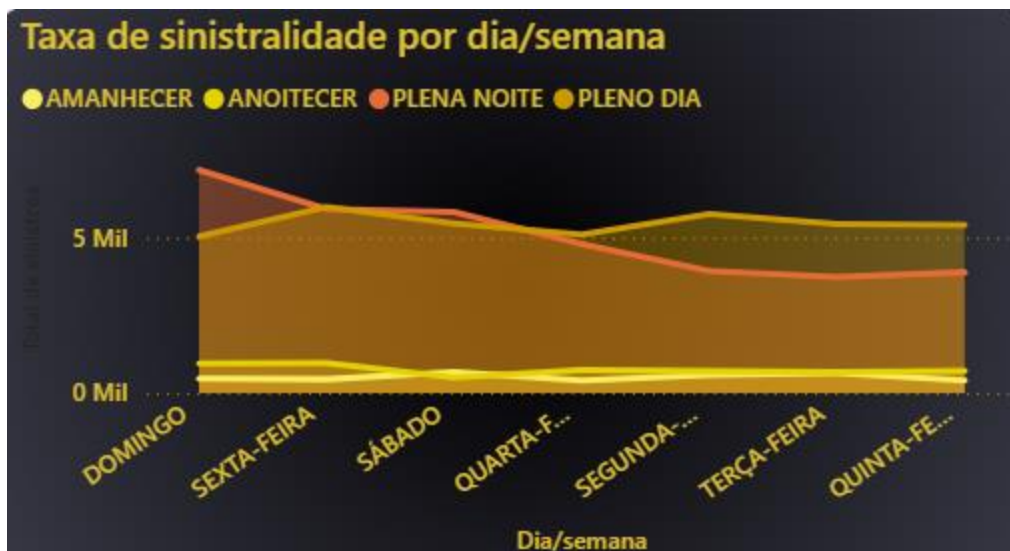




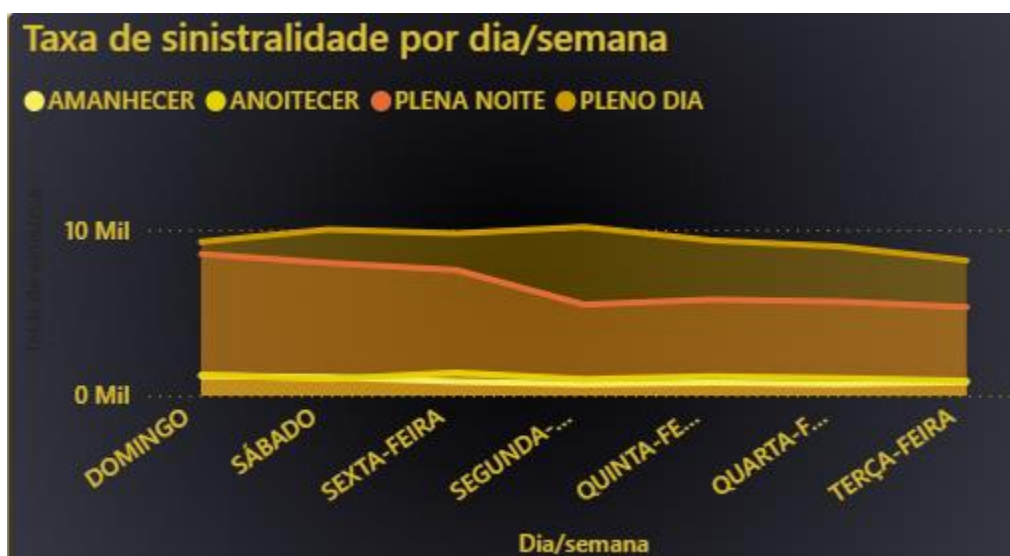
Região: Centro-Oeste



Região: Sul



Região: Nordeste



Região: Sudeste



**400 Mil**

Total de sinistros

**19 Mil**

Total de óbitos

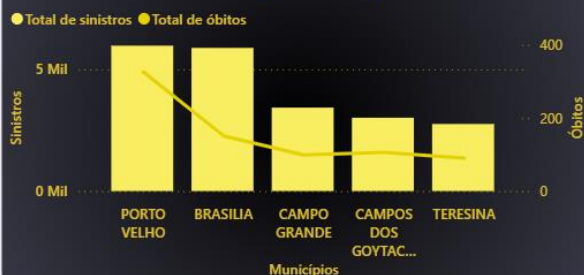
**2 Tri**

Total de habitantes

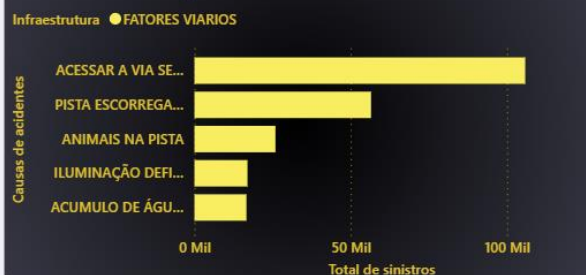
**1 Tri**

Total de frotas circulantes

#### Total de sinistros e óbitos por município



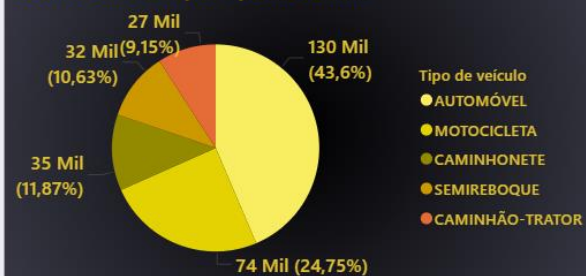
#### Total de sinistros por causa de acidente e infraestrutura



#### Taxa de sinistralidade por dia/semana



#### Total de sinistros por tipo de veículo



\*Imagem que mostra o resultado das 5 (cinco) regiões do país. Relatando o tipo do veículo, a causa do acidente e infraestrutura, os municípios que haja acima de 100.000 habitantes, segundos os critérios seguidos pelo projeto.

Dia	% Acidentes	Severidade
Sexta-feira	18%	Alta
Sábado	17%	Altíssima
Domingo	16%	Altíssima
Segunda	13%	Média
Quinta	12%	Média
Terça	11%	Baixa
Quarta	10%	Baixa

\*Sábado e domingo não tem a maior porcentagem, mas suas severidades são altíssima, com isso eles ficam no topo da lista dos dias que tem acidentes na semana.

## 5. Resultados esperados

O período analisado (2018-2024) demonstra a persistência de padrões preocupantes nas rodovias federais brasileiras. A concentração de acidentes em **determinados trechos rodoviários, horários específicos** e entre **perfis demográficos definidos** indica a necessidade de políticas públicas focalizadas e baseadas em evidências.

A mobilidade urbana tem que ser reavaliada para que haja uma infraestrutura com qualidade, para isso é necessário investir em tecnologia para diminuir os erros logísticos.

A Infraestrutura como Determinante Silencioso da Severidade dos Sinistros de Trânsito.

A análise dos sinistros de trânsito sob a ótica da infraestrutura viária revela um cenário onde a gravidade e a própria ocorrência dos acidentes estão intrinsecamente ligadas a três elementos fundamentais: a qualidade da pavimentação, a presença de sistemas de contenção como guardrails e a existência de uma infraestrutura viária completa e segura. Estes fatores não são meros cenários passivos, mas agentes ativos que podem prevenir tragédias ou, na sua falta, potencializá-las.

### 1. A Pavimentação: A Primeira Linha de Defesa (ou de Risco)

A superfície de rolamento é o elemento de interação primária entre o veículo e a via. Sua condição é um fator decisivo:

- **Pavimentação Adequada (Asfaltada e Conservada):** Proporciona aderência, drenagem eficiente e previsibilidade. Em situações de risco, como uma frenagem de emergência ou uma manobra evasiva, uma pista em bom estado permite que o condutor mantenha o controle do veículo. A falta de manutenção, com buracos, remendos e ondulações, transforma a via em um campo de obstáculos, podendo causar perda de controle, danos aos veículos e acidentes graves, especialmente para motociclistas.

- **Vias Não Pavimentadas (Estradas de Terra ou Cascalho):** Apresentam desafios adicionais por sua natureza instável. A baixa aderência, especialmente em condições climáticas adversas, e a formação de sulcos ("valetas") aumentam exponencialmente o risco de derrapagens, tombamentos e saídas de pista. A transição abrupta entre trechos pavimentados e não pavimentados é, por si só, um ponto crítico que exige sinalização específica.

### 2. Os Guardrails: A Última Barreira entre o Erro e a Tragédia

O guardrail não é simplesmente uma peça de metal à beira da estrada; é um sistema de contenção veicular projetado para salvar vidas. Sua função vai muito além de delimitar a via:

**Função Salva-Vidas:** Em uma saída de pista, o guardrail age de forma inteligente: ele absorve o impacto, redireciona o veículo de volta à pista e, o mais importante, impede que

o veículo se envolva em colisões secundárias e muito mais graves, como despencar em um barranco, colidir com árvores ou postes, ou sofrer uma capotagem em terreno irregular.

- A Falta de Guardrail como Sentença: A ausência deste dispositivo em locais críticos – como pontes, viadutos, curvas perigosas e margens de precipícios – transforma um simples descontrole momentâneo em um acidente fatal. A análise de dados de sinistros frequentemente mostra que a gravidade é drasticamente maior em locais onde uma barreira de contenção seria necessária, mas está faltando.

### **3. A Falta de Estruturas Complementares: O Ecossistema Incompleto da Segurança Viária**

A segurança em uma via é um ecossistema. A carência de estruturas complementares cria lacunas perigosas neste sistema:

- Falta de Acostamento: Um acostamento inexistente ou impróprio nega ao condutor uma área de escape. Um pneu furado, uma falha mecânica ou uma simples parada para descanso tornam-se situações de alto risco, expondo o veículo e seus ocupantes ao tráfego de alta velocidade e resultando em colisões traseiras e atropelamentos.

- Falta de Iluminação: A escuridão amplifica todos os perigos. Reduz o tempo de reação do condutor, dificulta a identificação de pedestres, ciclistas, animais na pista e obstáculos, tornando a via hostil e imprevisível.

- Sinalização Ineficiente ou Inexistente: A sinalização é o "manual de instruções" da via. A falta de placas de alerta para curvas perigosas, cruzamentos, estreitamentos de pista ou pontos de ultrapassagem proibida priva o condutor de informações cruciais para uma condução segura e antecipada.

#### **Conclusão Final**

Em síntese, a ocorrência e a letalidade dos sinistros de trânsito não podem ser analisadas apenas pelo comportamento do condutor ou pelas condições do veículo. É imperativo considerar a infraestrutura viária como um coautor do evento.

Uma via bem pavimentada, equipada com guardrails estrategicamente posicionados em pontos de risco, e complementada por uma infraestrutura completa – com acostamentos, iluminação e sinalização adequados – age como um sistema de proteção integrado. Este sistema é capaz de absorver o erro humano, que é inevitável, e impedir que ele se transforme em uma estatística fatal.

Portanto, investir em infraestrutura segura não é um custo, mas um investimento em vida. É a materialização do conceito de "vias que perdoam" (Forgiving Roads), onde o ambiente rodoviário é projetado para minimizar as consequências dos erros, garantindo

que uma falha momentânea não tenha um preço eterno. A segurança viária exige que se olhe para além do volante e se enxergue a estrada como um todo.

A estabilização dos índices de mortalidade, apesar do aumento no volume de tráfego, sugere que as ações em curso têm efeito positivo, porém insuficiente para alcançar as metas de redução estabelecidas na Agenda 2030 para a segurança viária.

## Referências

<https://dados.transportes.gov.br/dataset/renaest>

<https://datasus.saude.gov.br/informacoes-de-saude-tabnet/>

<https://www.gov.br/prf/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/dados-abertos-da-prf>

<https://www.onsv.org.br/estudos/analise-do-cumprimento-das-metas-de-reducao-de-mortes-no-transito>

<https://centralpaineis.cgu.gov.br/visualizar/dadosabertos>

<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/arquivos-senatran/docs/renaest>