



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO CAMPUS SÃO JOSÉ DOS CAMPOS

**APLICAÇÃO DE MÉTODOS NUMÉRICOS EM PYTHON PARA A
ANÁLISE E MODELAGEM MATEMÁTICA DO ÍNDICE DE ACIDENTES
DE TRÂNSITO EM FERIADOS NO ESTADO DE SÃO PAULO**

Evandro Keiji Kayano, Henrique Kenzo Odagui, Isabela Fernanda de Souza
Silva, Gabriel Henrique Resende Machado

Cálculo Numérico - Prof. Luiz Leduino Salles Neto

RESUMO

O Brasil apresenta altas taxas de mortalidade no trânsito, colocando o país entre os líderes mundiais em óbitos por acidentes rodoviários. Esses indicadores aumentam por conta de diversos fatores, sendo uma delas, dias festivos. Neste contexto, o uso de métodos numéricos como ferramenta de análise e modelagem matemática, torna-se essencial para relacionar a influência que feriados aplicam sobre o número de acidentes de trânsito.

Este trabalho aplica métodos numéricos, utilizando Python, para analisar e modelar o índice de acidentes de trânsito em feriados no estado de São Paulo. A pesquisa aborda a relação entre feriados e a ocorrência de acidentes, considerando dados coletados do Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito (2019-2024). As análises foram realizadas por meio de tratamento de dados, aplicação de métodos estatísticos e matemáticos, com o intuito de gerar curvas pelo Método do Ajuste Polinomial pelos Quadrados Mínimos.

As curvas geradas possibilitaram identificar padrões sazonais, sugerindo que os feriados influenciam o comportamento do trânsito, mostrando uma alta frequência de acidentes nos dias próximos aos feriados. Assim, o uso do método numérico proporcionou uma forma de analisar o números de acidentes e relacioná-los com os feriados, provando a eficácia do método e demonstrando potencial para o desenvolvimento de modelos preditivos e aprimoramento do gerenciamento de tráfego, contribuindo para a redução de acidentes.

PALAVRAS-CHAVE

Acidentes de trânsito. Feriados. Método do Ajuste Polinomial pelos Quadrados Mínimos. Padrões Sazonais. Python.

1. INTRODUÇÃO

“Em 2022, houve um declínio tímido no número de óbitos, chegando a 31.174 registros. Apesar da aparente melhoria, o Brasil, com 203 milhões de habitantes, ocupa um incômodo terceiro lugar no ranking de países com mais mortes em decorrência de acidentes de trânsito, segundo o relatório Status Report on Road Safety, da Organização Mundial de Saúde (OMS). Nas primeiras posições estão a Índia (1,428 bilhão de habitantes) e a China (1,425 bilhão de habitantes), respectivamente” (METRÓPOLES, 2023).

Durante o período de produção deste trabalho escrito (meados de outubro de 2024), foram registrados acidentes de trânsito envolvendo os romeiros de Aparecida, peregrinos movidos pela fé católica, que destinam-se à Catedral Basílica de Nossa Senhora Aparecida para celebração do Dia da Nossa Senhora Aparecida. Assim surgiu um questionamento: “Qual a tendência de ocorrer um acidente conforme chega um feriado?”.

Para o desenvolvimento da análise de acidentes de trânsito em feriados no estado de São Paulo foi empregado o editor de código VS Code, com implementação em Python utilizando bibliotecas como *Pandas*, para acessar os dados fornecidos pelo Governo em formato de arquivo .csv, *numpy*, para conversão dos dados em dicionários, e *matplotlib*, para facilitar a visualização dos dados e plotagem gráfica.

Além do mais, utilizou-se também o conteúdo teórico e prático ministrado na disciplina de Cálculo Numérico, para aplicação de métodos numéricos com o objetivo de identificar tendências no número de acidentes por dia.

2. METODOLOGIA

A metodologia utilizada para a análise dos dados pode ser dividida em 2 passos:

- (1) coleta e tratamentos dos dados e (2) análise dos dados por meio de métodos matemáticos.

2.1 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados utilizados para a realização deste trabalho foram fornecidos pelo site do Governo: Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito. Nesse site são fornecidos arquivos em formato “.csv” com dados de acidentes de trânsito em todo o território nacional desde 2018 até junho de 2024. No entanto, para nossa análise, utilizamos o período de julho de 2019 até junho de 2024 para que completasse 5 anos exatos.

O arquivo CSV baixado apresentava as seguintes colunas:

```
'num_acidente': 'int64',  
'chv_localidade': 'string',  
'data_acidente': 'string',  
'uf_acidente': 'string',  
'ano_acidente': 'int64',  
'mes_acidente': 'int64',  
'dia_acidente': 'int64',  
'mes_ano_acidente': 'string',  
'codigo_ibge': 'int64',  
'dia_semana': 'string',  
'fase_dia': 'string',  
'tp_acidente': 'string',  
'cond_meteorologica': 'string',  
'end_acidente': 'string',  
'num_end_acidente': 'string',  
'cep_acidente': 'string',  
'bairro_acidente': 'string',  
'km_via_acidente': 'string',  
'latitude_acidente': 'float64',  
'longitude_acidente': 'float64',  
'hora_acidente': 'string',  
'tp_rodovia': 'string',  
'cond_pista': 'string',  
'tp_cruzamento': 'string',  
'tp_pavimento': 'string',  
'tp_curva': 'string',  
'lim_velocidade': 'string',  
'tp_pista': 'string',  
'ind_guardrail': 'string',  
'ind_cantcentral': 'string',  
'ind_acostamento': 'string',  
'qtde_acidente': 'int64',  
'qtde_acid_com_obitos': 'int64',  
'qtde_envolvidos': 'int64',  
'qtde_feridosilesos': 'int64',  
'qtde_obitos': 'int64'
```

A partir delas, filtramos apenas os acidentes ocorridos no estado de São Paulo e mantivemos apenas as colunas 'ano_acidente', 'mes_acidente', 'dia_acidente', 'dia_semana', 'data_acidente'. Dessa forma, reduzimos o arquivo de quase 2gb para apenas 30mb.

A partir de um CSV construído pelo grupo com todas as datas dos feriados no estado de São Paulo de 2019 até 2024, foi gerado um terceiro arquivo com o número de

acidentes por dia apenas no estado de São Paulo. Com isso obtivemos um arquivo de menos de 30kb.

2.2 ANÁLISE DOS DADOS POR MEIO DE MÉTODOS ESTATÍSTICOS

A partir das informações do banco de dados do Governo, foram gerados gráficos para facilitar a visualização da quantidade de acidentes por dia. Assim, seguem-se alguns exemplos dos gráficos gerados:

Gráfico 1.1: Número de acidentes no Dia da Independência do Brasil em 2019

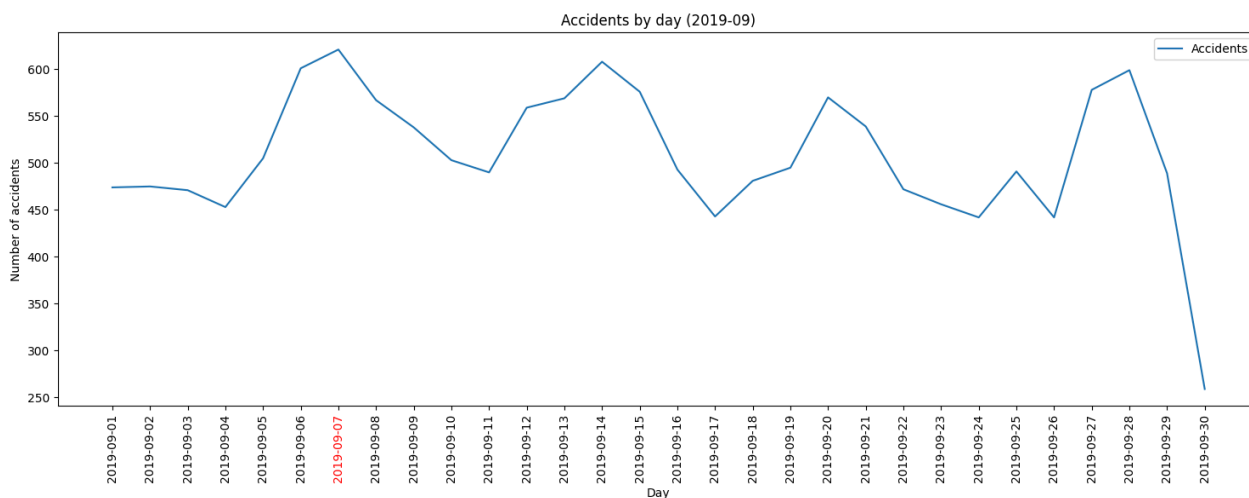
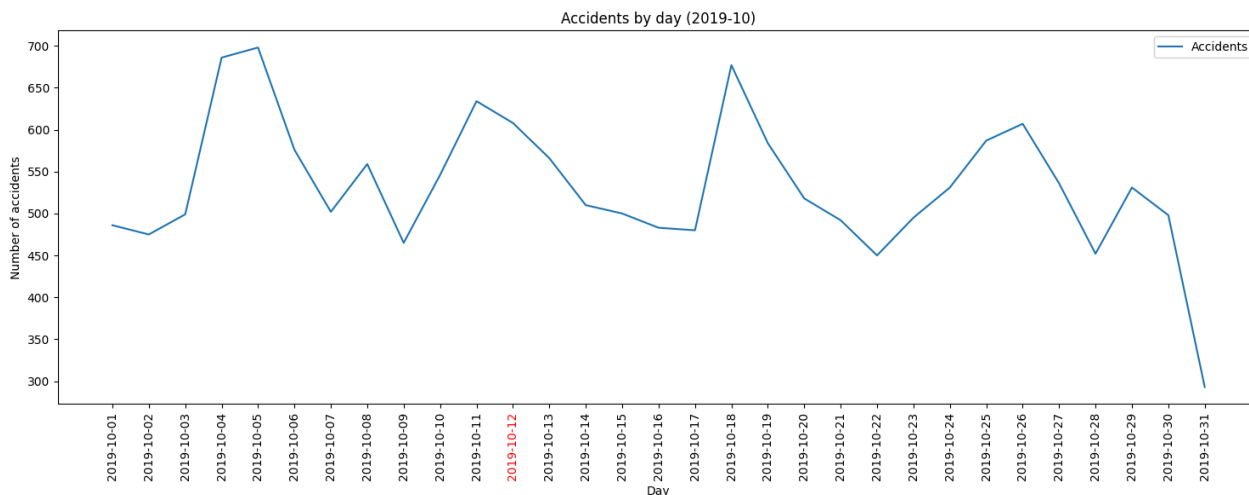
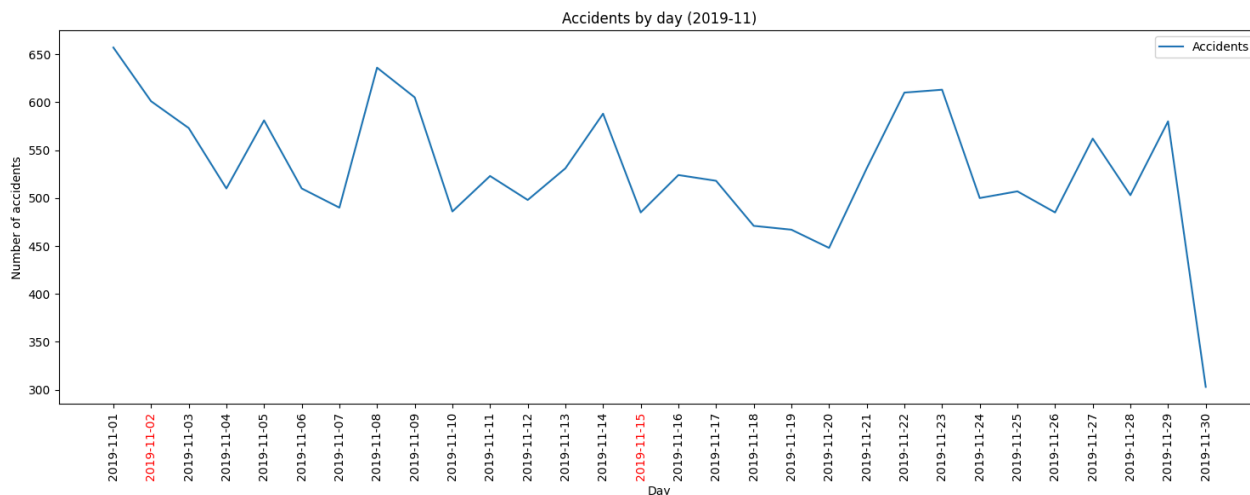


Gráfico 1.2: Número de acidentes no Dia de Nossa Senhora Aparecida em 2019



Nesses dois gráficos podemos observar o aumento do número de acidentes nesses dois feriados, apesar de haver picos em outros dias. No entanto, esse comportamento não se repete sempre, como podemos observar no gráfico abaixo com o Dia da Proclamação da República:

Gráfico 1.3: Número de acidentes no Dia da Proclamação da República em 2019



Durante a pandemia da COVID-19 em 2020, esses três feriados apresentaram o comportamento oposto:

Gráfico 1.4: Número de acidentes no Dia da Independência do Brasil em 2020

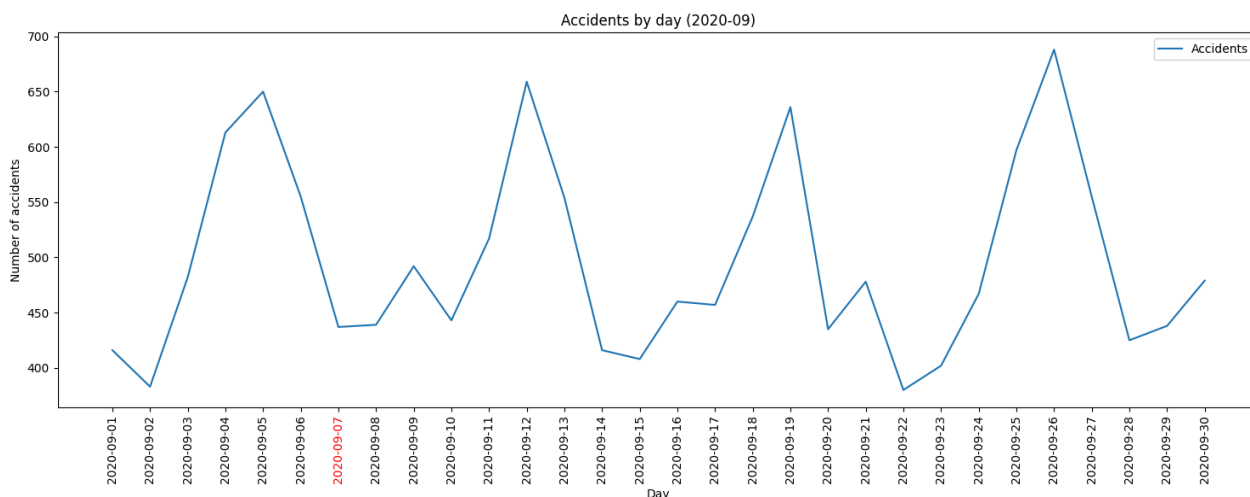


Gráfico 1.5: Número de acidentes no Dia de Nossa Senhora Aparecida em 2020

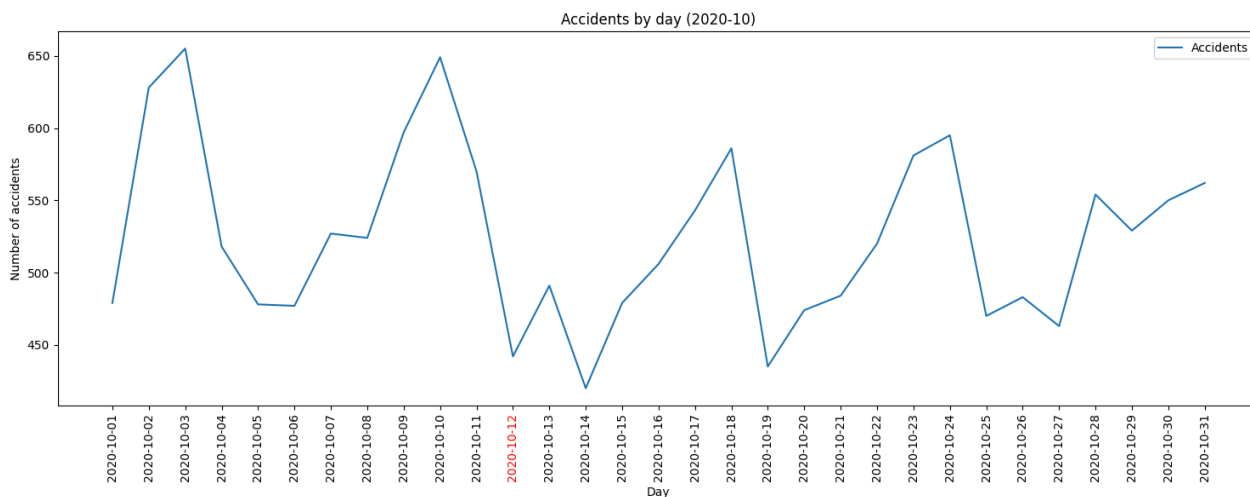
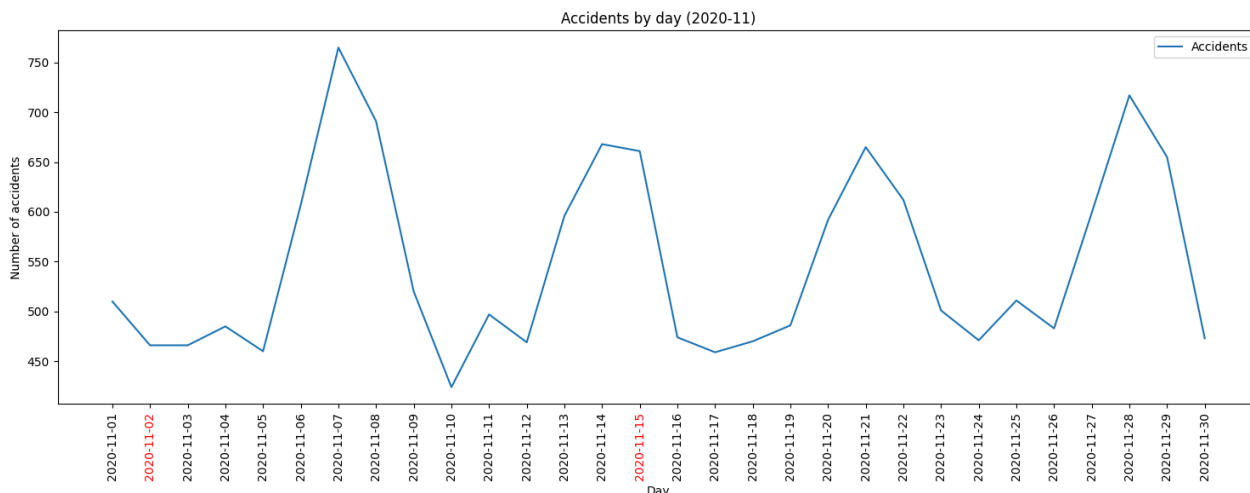


Gráfico 1.6: Número de acidentes no Dia da Proclamação da República em 2020



Devido a essa oscilação de comportamento, foram calculadas as médias de acidentes de trânsito em dias de feriados e de não feriados para se compreender melhor se há uma diferença significativa no número de acidentes:

Figura 1: Média de acidentes em feriados e não feriados

Média de acidentes em feriados: 504.15
Média de acidentes em dias não feriados: 519.76

Esses resultados foram uma surpresa para o grupo, evidenciando que praticamente não há uma diferença significativa no número de acidentes em feriados e não-feriados.

2.3 ANÁLISE DOS DADOS POR MEIO DE MÉTODOS NUMÉRICOS

O método numérico utilizado para a análise dos dados foi o Método do Ajuste Polinomial por meio dos Quadrados Mínimos, que consiste em encontrar um polinômio que se aproxime dos dados, minimizando a soma dos quadrados das diferenças entre os valores observados e os valores calculados pelo polinômio.

Aplicando o método aos dados que obtivemos, teremos uma forma de observar tendências e padrões no número de acidentes ao longo dos últimos anos, podemos identificar sazonalidades e ciclos, ou seja, o aumento do número de acidentes em certos dias e o método pode ser utilizado para extrapolar tendências e fazer previsões para o número de acidentes em períodos futuros.

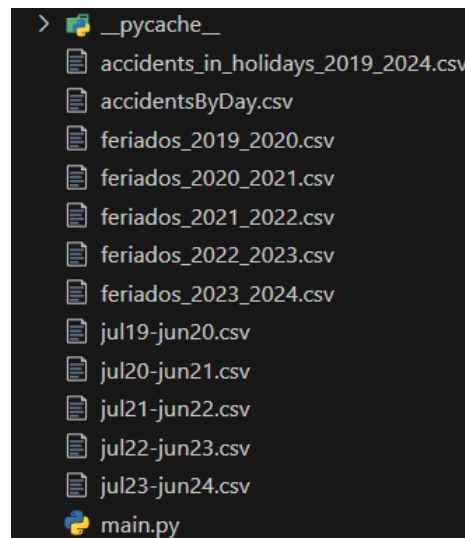
O processo de análise de acidentes de trânsito em feriados no estado de São Paulo seguiu 3 passos:

1. Separar os dados em 5 períodos de 12 meses, desde Julho de um ano até Junho do próximo ano, assim teremos maior visibilidade dos dados plotados;

2. Aplicar o Método do Ajuste Polinomial por meio dos Quadrados Mínimos para polinômios de grau 5; e
3. Plotagem do Ajuste Polinomial e do número de acidentes para cada período dando ênfase aos feriados.

Para o 1 passo, o arquivo “accidentsByDay.csv” possui os acidentes do ano de 2019 a 2024, “accidents_in_holidays.csv” possui os dias que foram feriados nos anos de 2019 a 2024 e ambos foram divididos em 5 períodos de 12 meses.

Figura 2: Arquivos separados



Fonte: autoria própria

Para o passo 2, foi utilizado a função `numpy.polyfit`, para aplicação do Método dos Quadrados Mínimos com grau 5 e a função `numpy.poly1d`, para que seja feito o ajuste.

Figura 3: Código de plotagem dos dados

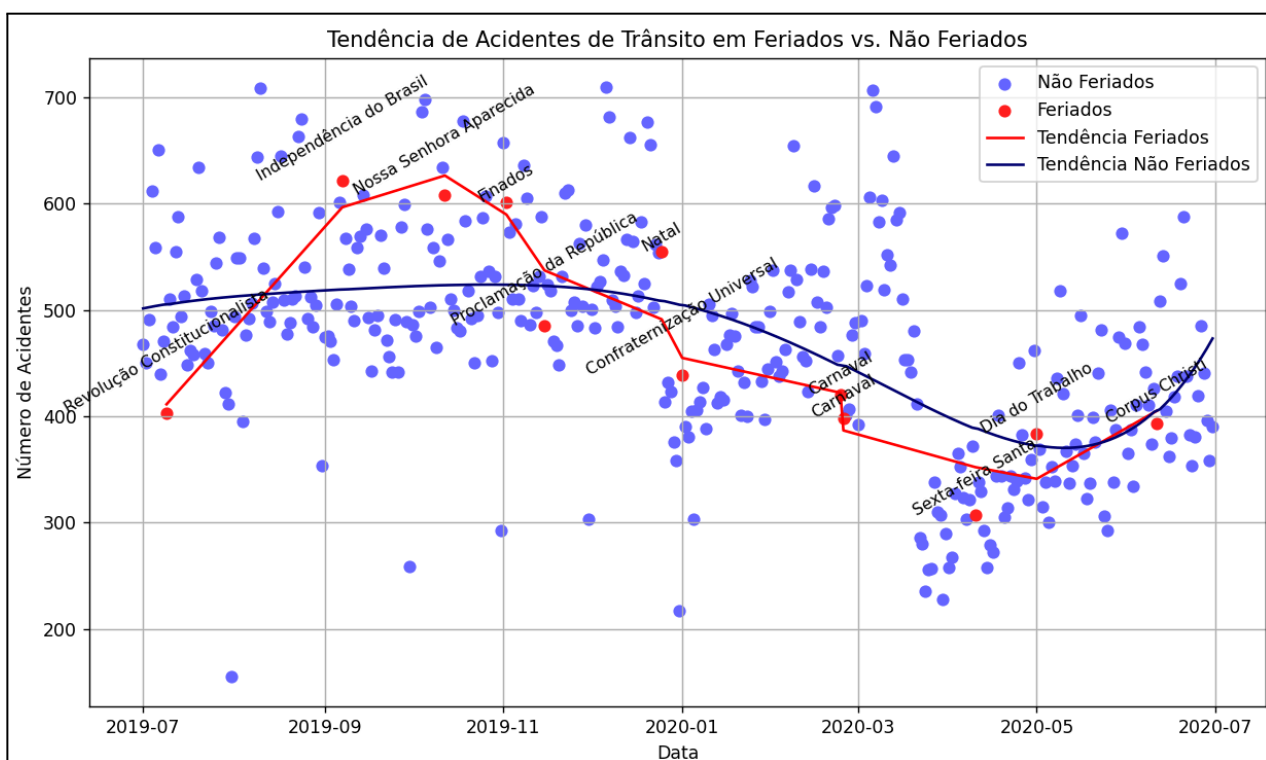
```
grauF = 5
grauNF = 5
x_feriados = np.arange(len(df_feriados))
y_feriados = df_feriados['number_accidents']
coef_feriados = np.polyfit(x_feriados, y_feriados, grauF)
polinomio_feriados = np.poly1d(coef_feriados)

x_nao_feriados = np.arange(len(df_nao_feriados))
y_nao_feriados = df_nao_feriados['number_accidents']
coef_nao_feriados = np.polyfit(x_nao_feriados, y_nao_feriados, grauNF)
polinomio_nao_feriados = np.poly1d(coef_nao_feriados)
```

Fonte: autoria própria

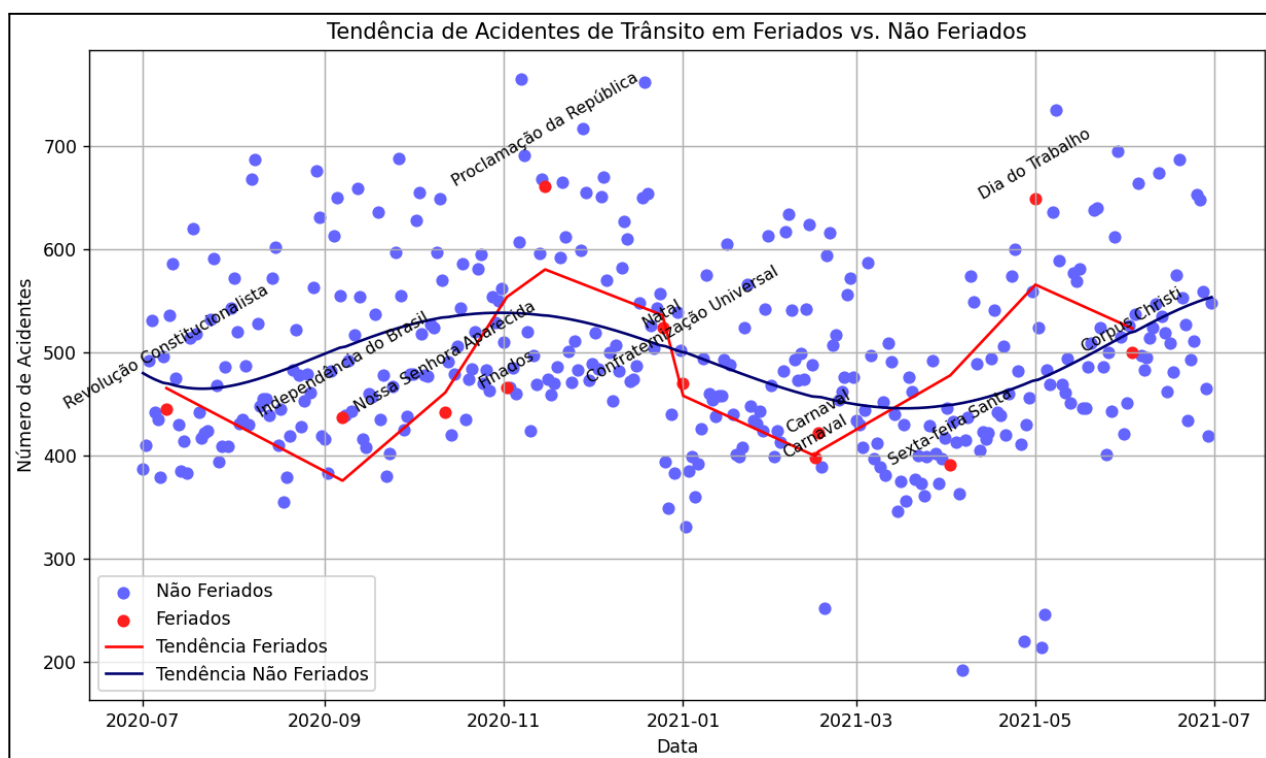
Por fim, é feita a plotagem de cada período utilizando a biblioteca `matplotlib`.

Gráfico 2.1: Ajuste Polinomial dos Quadrados Mínimos de grau 5 (07/2019 - 06/2020)



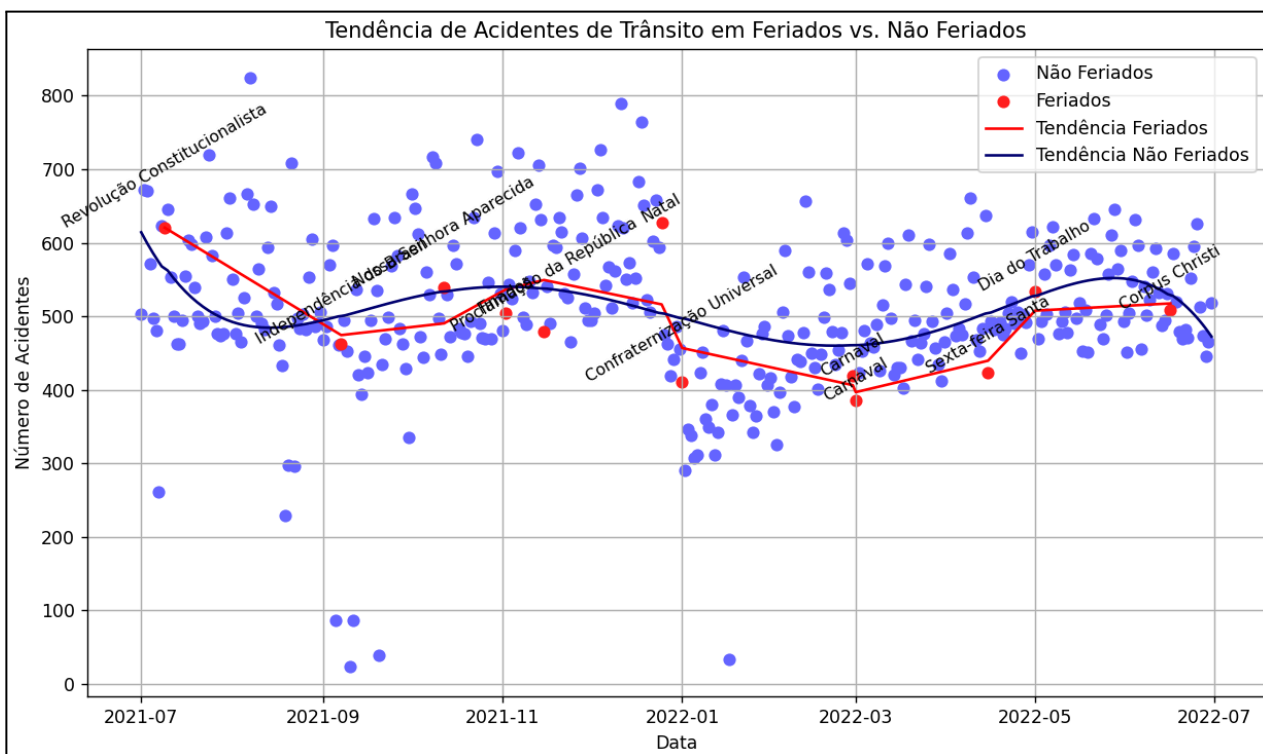
Fonte: autoria própria

Gráfico 2.2: Ajuste Polinomial dos Quadrados Mínimos de grau 5 (07/2020 - 06/2021)



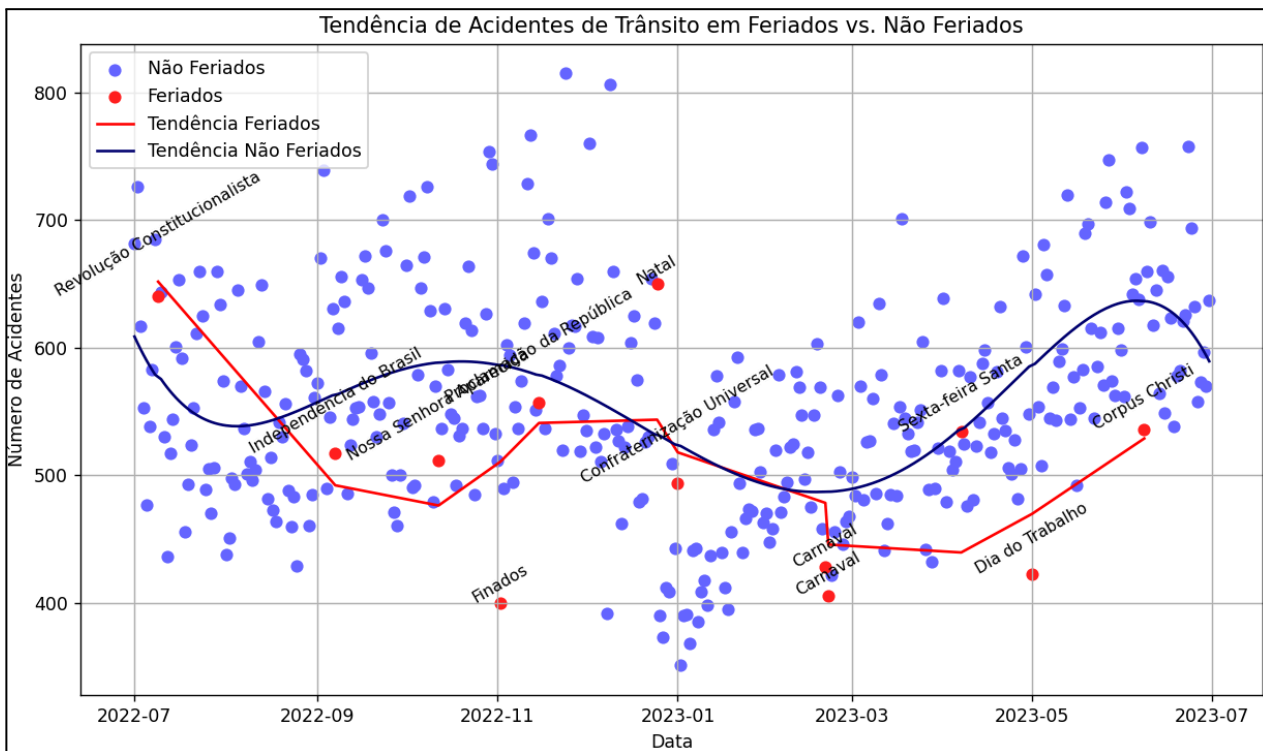
Fonte: autoria própria

Gráfico 2.3: Ajuste Polinomial dos Quadrados Mínimos de grau 5 (07/2021 - 06/2022)



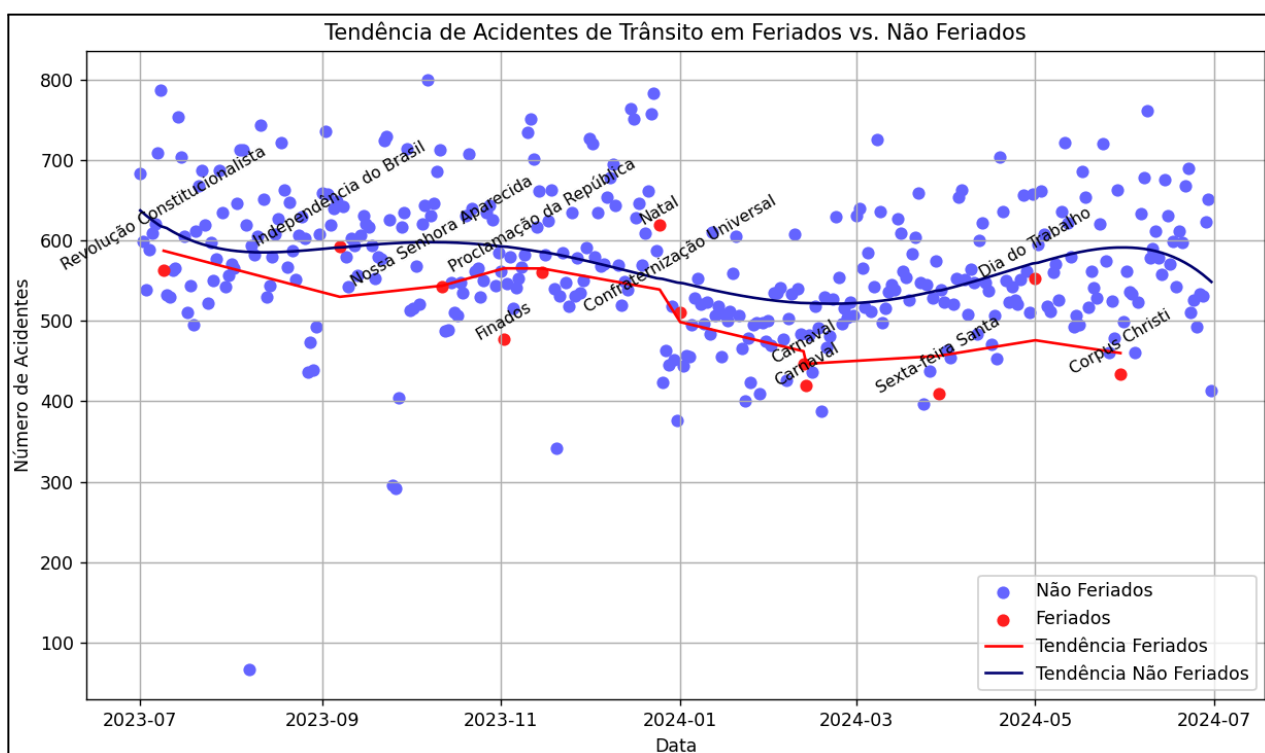
Fonte: autoria própria

Gráfico 2.4: Ajuste Polinomial dos Quadrados Mínimos de grau 5 (07/2022 - 06/2023)



Fonte: autoria própria

Gráfico 2.5: Ajuste Polinomial dos Quadrados Mínimos de grau 5 (07/2023 - 06/2024)



Fonte: autoria própria

3. RESULTADOS

Os gráficos obtidos permitem uma análise das tendências de acidentes de trânsito em dias de feriados e não feriados, utilizando o ajuste dos quadrados mínimos, assim podemos ter uma ideia da influência dos dias que são feriados no número de acidentes nos dias que são feriados e próximos a eles.

Com isso, pelo o que foi observado nos gráficos, foi possível notar que apesar dos dias que não são feriados apresentarem um grande número de acidentes, eles mantêm uma variação mais estável ao longo do tempo, com menos picos, ao contrário dos dias que são feriados que mostram flutuações acentuadas ao redor dos dias que são feriados, sugerindo que eventos como feriados prolongados ou festas podem aumentar os riscos de acidentes de trânsito.

Feriados fixos como a Independência do Brasil e a Proclamação da República apresentam notáveis picos de acidentes, reforçando a relação entre feriados prolongados e aumento do tráfego, que consequentemente aumenta as chances de ocorrer um acidente. Assim como o Natal e o Ano Novo que registram altas taxas de acidentes devido às viagens e celebrações de fim de ano. Embora o Carnaval não seja uma data fixa, ele também apresenta picos de acidentes de trânsito, provavelmente, devido ao intenso fluxo de veículos em rodovias e ao consumo de álcool.

Pode-se observar também que datas próximas à feriados prolongados apresentam altos números de acidentes, sugerindo que muitas pessoas aproveitam para adiantar ou prolongar as viagens.

Um pequeno detalhe a ser observado é que ao fim dos meses foi possível observar um aumento nos picos de acidentes, possivelmente associados ao pagamento de salários e maior fluxo de pessoas e veículos em rodovias e áreas urbanas. No começo de 2020, houve uma grande redução no número de acidentes, provavelmente, em detrimento das consequências da pandemia como por exemplo os *lockdowns*, a quarentena.

4. CONCLUSÃO

Os feriados são períodos críticos para acidentes de trânsito que acabam influenciando também dias próximos a eles, evidenciando um comportamento sazonal. Dias que não são feriados possuem uma alta frequência de acidentes, porém mantêm uma variação baixa com menos flutuações.

Os resultados obtidos nesta pesquisa destacam a importância do uso de métodos numéricos para a análise de comportamentos sazonais, estes podendo ser utilizados para desenvolver modelos preditivos complexos, para aprimorar o controle do fluxo de trânsito e orientar decisões para reduzir os impactos de acidentes de trânsito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Conteúdo aprendido na disciplina

Ranking trágico: Brasil é 3º país que mais registra mortes no trânsito. Disponível em: <<https://www.metropoles.com/brasil/ranking-tragico-brasil-e-3o-pais-que-mais-registra-mortes-no-transito>> Acesso em: 22 de outubro de 2024.

Registro Nacional de Acidentes e Estatísticas de Trânsito. Disponível em: <<https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/registro-nacional-de-acidentes-e-estatisticas-de-transito>>. Acesso em: 22 de outubro de 2024.

Código fonte. Disponível em: <<https://github.com/henriqueodagui/Traffic-accident-analysis>>. Acesso em: 16 de janeiro de 2025.

