

Classificação de Placas de Trânsito

Comparação de Estratégias de Deep Learning para Classificação
de Placas de Trânsito

Autores: Augusto Carvalho Soares

Igor Gonçalves Ribeiro

João Paulo da Silva Eloy

PCG306D – Tóp. Esp. em I. A. 2 - Análise de Imagens e Vídeo

Professor: Dr. Jefferson Rodrigo

Universidade Federal de Uberlândia

Classificação de Placas de Trânsito| Problema e Motivação

Norman Bel Geddes (1939)

- Carros elétricos controlados por rádio, impulsionados por campos eletromagnéticos

DARPA (2004) competição

- Veículos autônomos premiação de 1 milhão de dólares, percorrer 228 km em até 10h

DARPA (2007) competição – grupo seletivo

- Circuito de 90 km contendo diversos obstáculos, em rodovias
- Demonstrar para a indústria o potencial

Classificação de Placas de Trânsito| Problema e Motivação

Veículos Autônomos - Desafios

Tomar a decisão segura e precisa no momento certo

Reconhecimento automático de placas é essencial para sistemas de condução autônoma (ADAS)

Classificação de Placas de Trânsito| Problema e Motivação



Classificação de Placas de Trânsito| Objetivos

Objetivo principal:

Investigar e comparar o desempenho de redes MLP e CNN no dataset **GTSRB** - German Traffic Sign Recognition Benchmark.

Objetivos específicos:

- Avaliar o impacto de 4 estratégias de balanceamento de dados no modelo MLP.
- Identificar a arquitetura (MLP vs. CNN) mais robusta para esta tarefa.
- Utilizar otimização automática de hiperparâmetros (Optuna) para uma comparação justa.
- Confirmar a capacidade das CNNs em capturar padrões espaciais.

Classificação de Placas de Trânsito| Caracterização dos Dados

Fonte: German Traffic Sign Recognition Benchmark (GTSRB).

Volume: 39.209 imagens.

Classes: 43 classes distintas (limites de velocidade, advertências, etc.).

Desafio: Desbalanceamento de classes (ex: de 210 a 2.250 amostras por classe).



Speed limit
(20km/h)



Speed limit
(70km/h)



Speed limit
(100km/h)



No passing



Pedestrian
s



Stop



Vehicles >
3.5t
prohibited



Slippery
road



Road work



Traffic
signals



Go straight
or right



Roundabout
mandatory



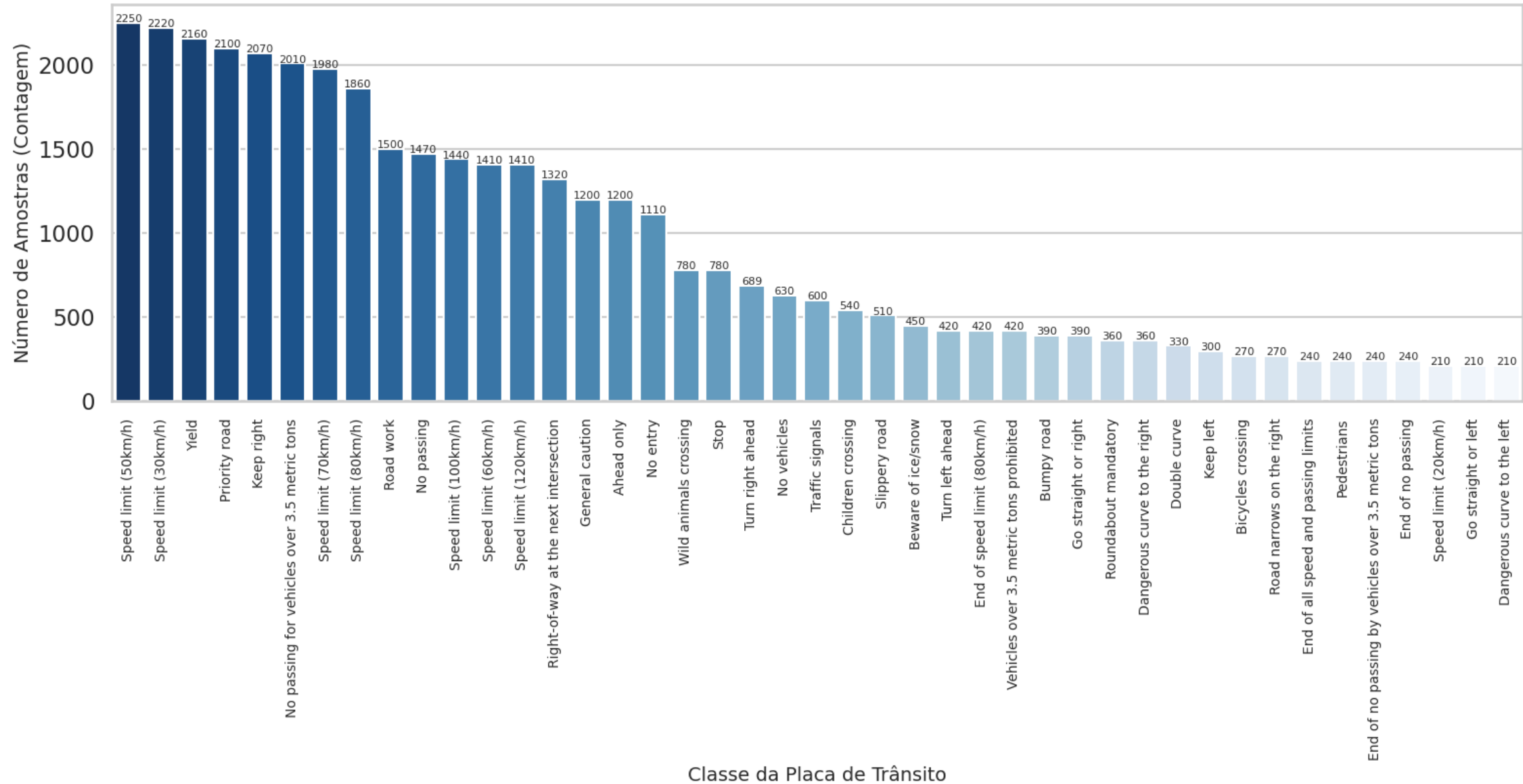
Wild
animals
crossing



Bicycles
crossing

Classificação de Placas de Trânsito | Caracterização dos

Desbalanceamento de Classes no Dataset GTSRB



Classificação de Placas de Trânsito| Metodologia

Arquiteturas:

- Multilayer Perceptron (MLP)
- Convolutional Neural Network (CNN)

Otimização

- **Optuna:** Busca automatizada de hiperparâmetros (24 *trials* por cenário).
- **Treino:** 40 épocas

Estratégias de Balanceamento

- Sem Balanceamento (Baseline)
- Downsampling (Subamostragem)
- Upsampling (Data Augmentation)
- Híbrido (Up/Down na Mediana)

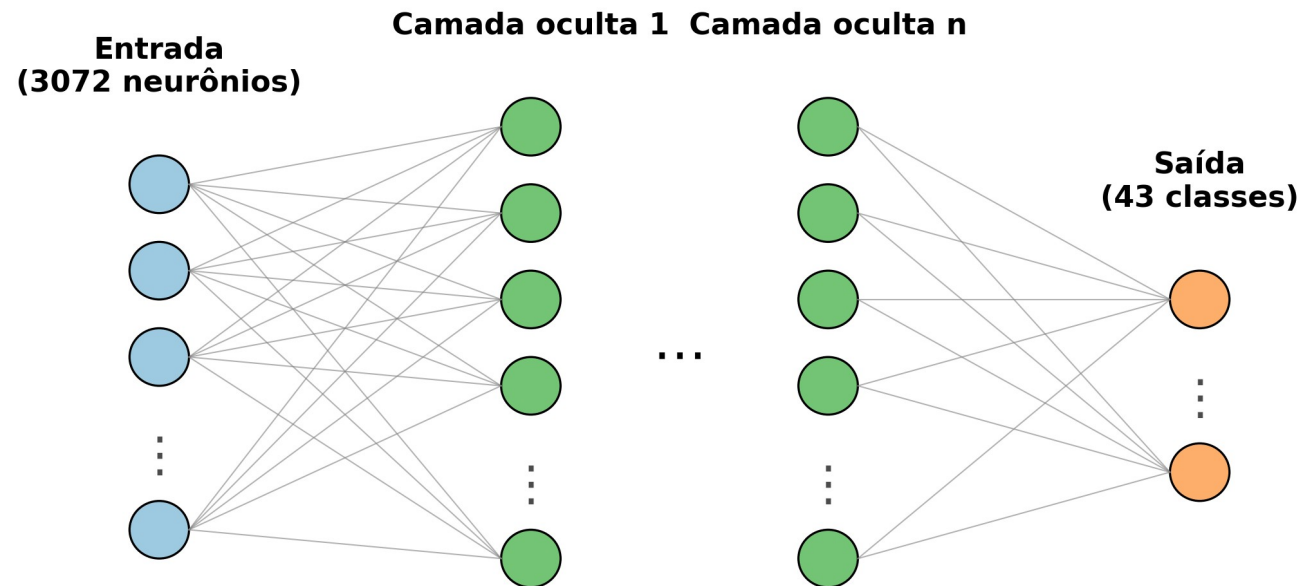
Classificação de Placas de Trânsito | Arquiteturas

Multilayer Perceptron (MLP)

Camada de entrada:
valores normalizados
dos pixels ($32 \times 32 \times 3$)

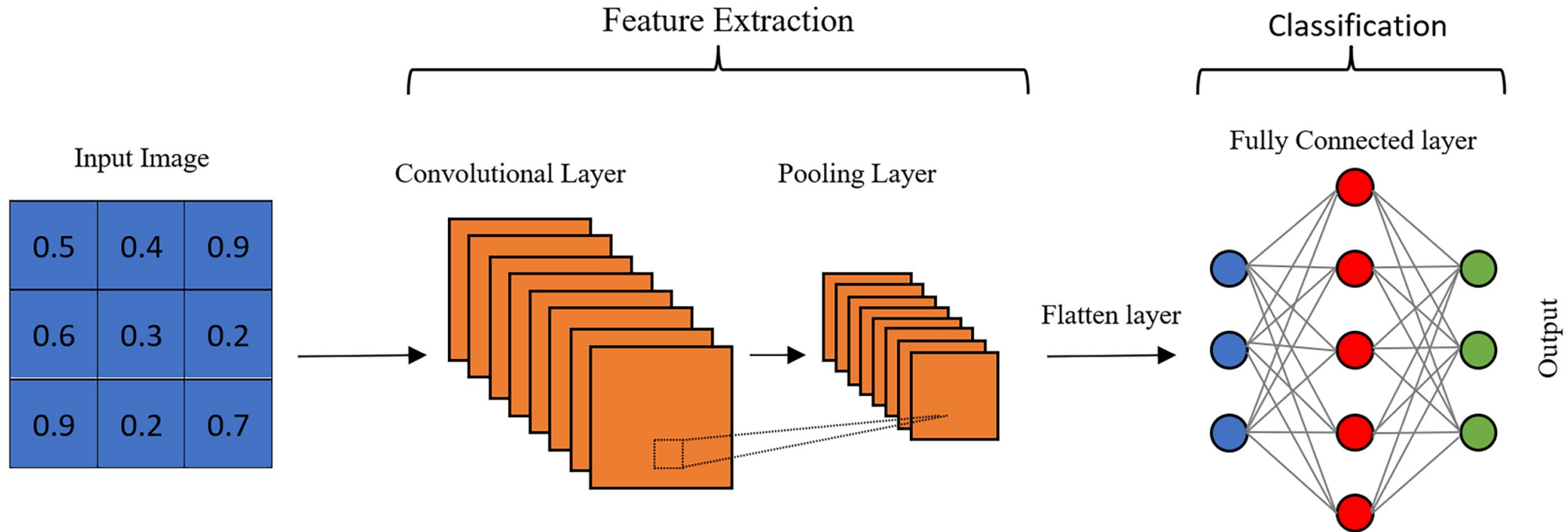
Camadas ocultas:
quantidade variável (1–4)
ativação ReLU/Sigmoid,
dropout variável

Camada de saída:
função Softmax
(43 classes)



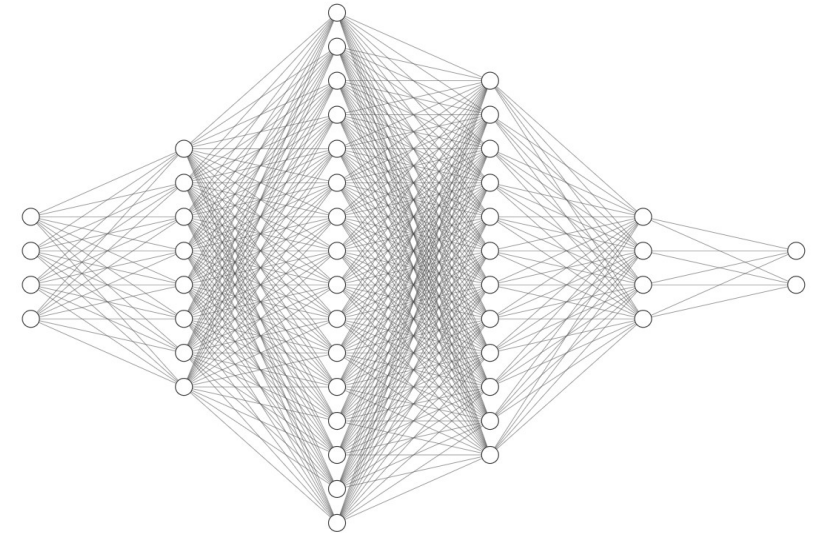
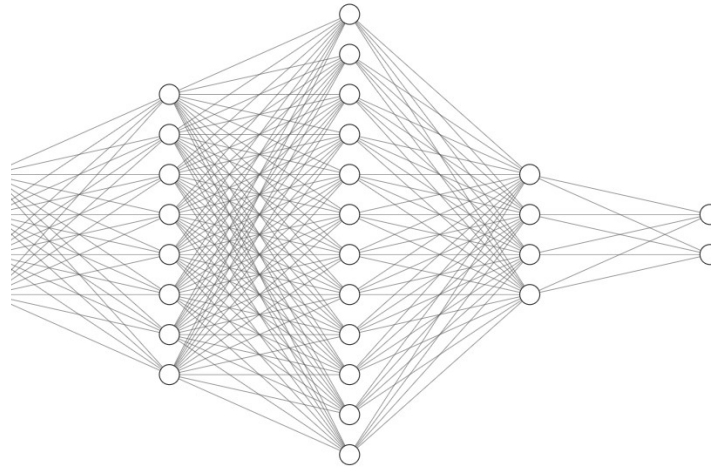
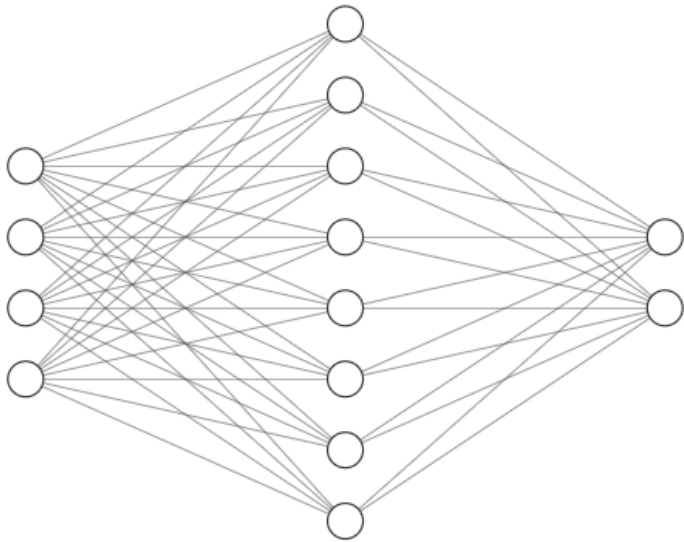
Classificação de Placas de Trânsito | Arquiteturas

Convolutional Neural Network (CNN)



Classificação de Placas de Trânsito| Otimização

Busca de hiperparâmetros



Classificação de Placas de Trânsito| Otimização

Busca de hiperparâmetros

100%
Dataset Original

70%
Treino *

30%
Teste

Classificação de Placas de Trânsito| Otimização

Busca de hiperparâmetros

100%
Dataset Original

70%
Treino *

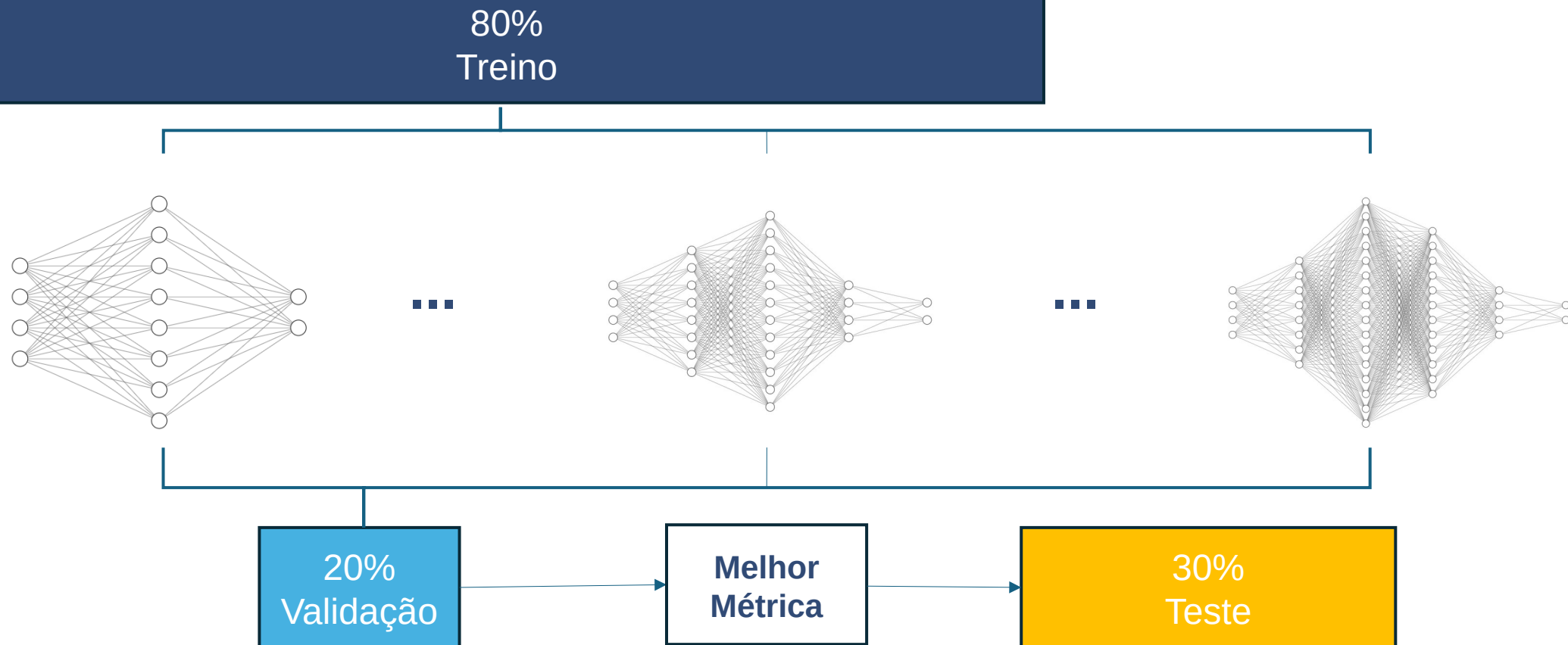
30%
Teste

80%
Treino

20%
Validação

Classificação de Placas de Trânsito| Otimização

Busca de hiperparâmetros



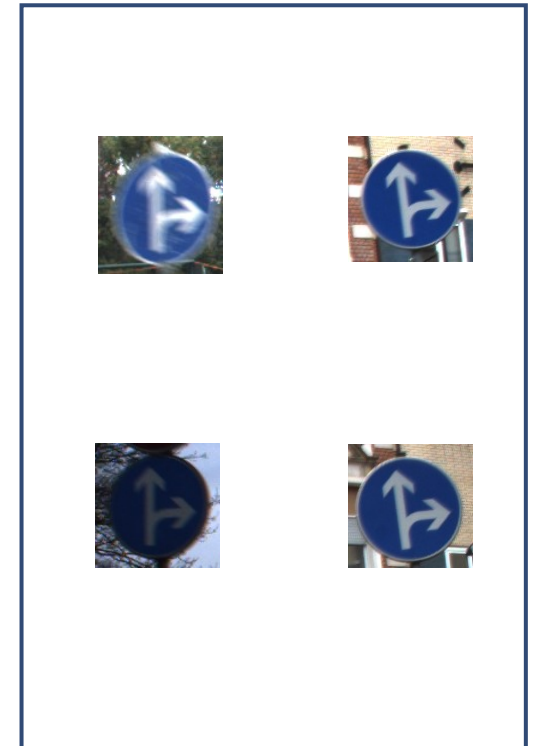
Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Subamostragem

- Aleatório
- Balanceamento completo – Redução até a classe minoritária



...



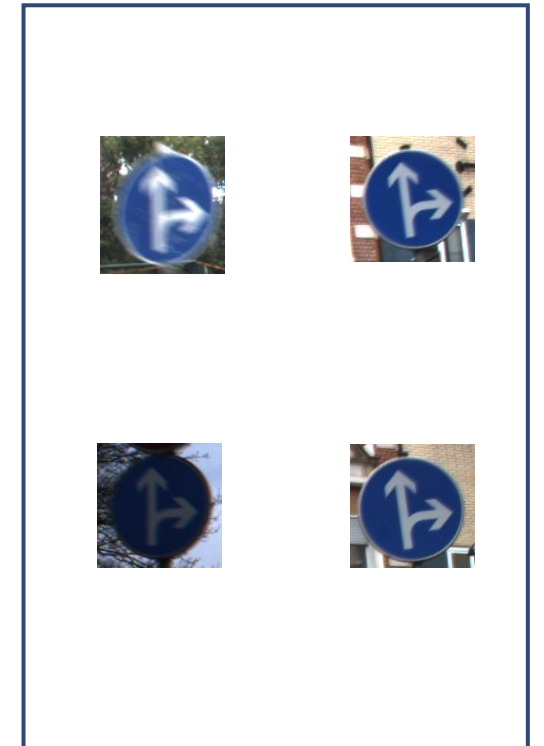
Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Subamostragem

- Aleatório
- Balanceamento completo – Redução até a classe minoritária



...



Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

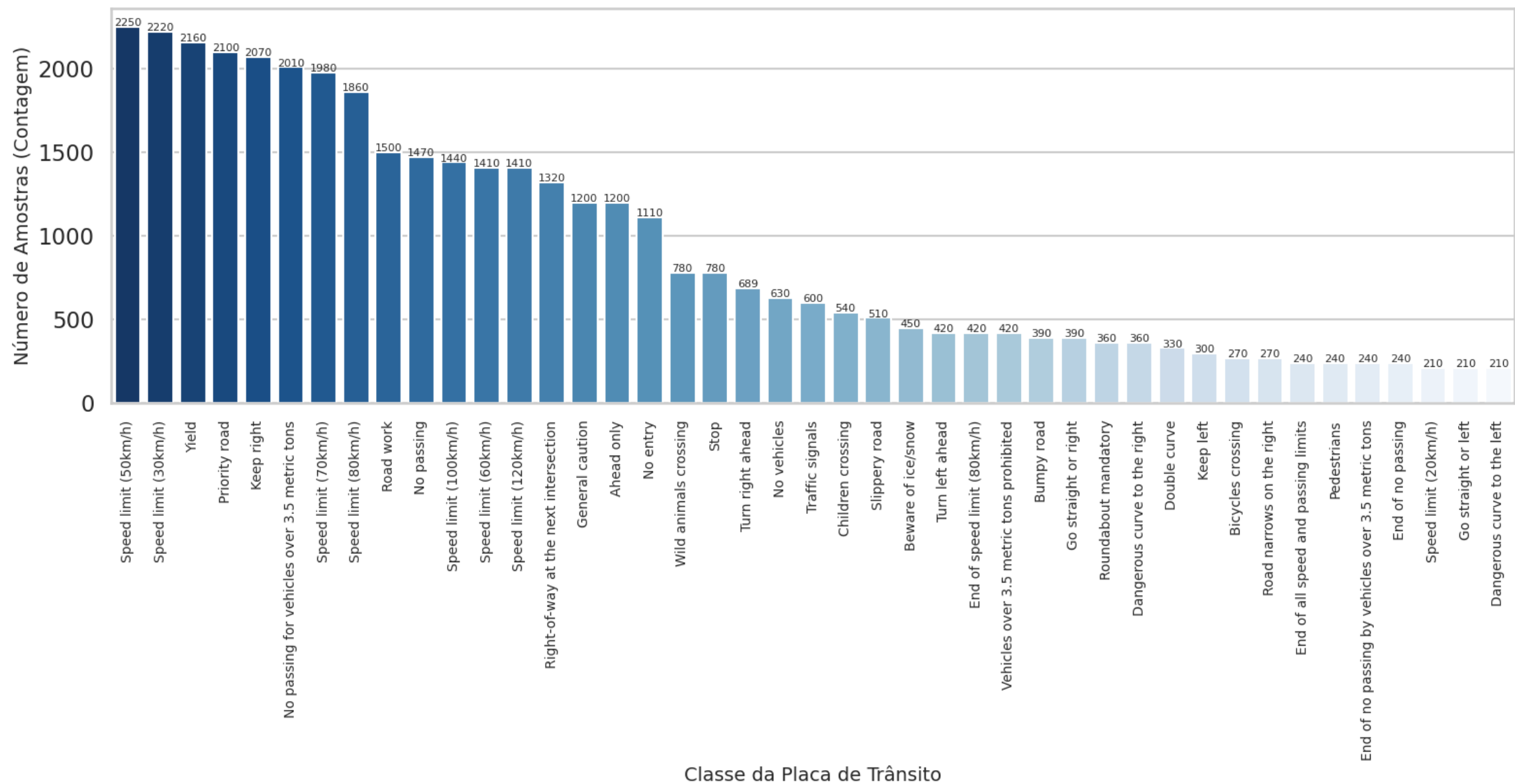
Subamostragem

- Aleatório
- Balanceamento completo – Redução até a classe minoritária



Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Desbalanceamento de Classes no Dataset GTSRB



Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Sobreamostragem

- Aleatório
- Data Augmentation



...



Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Sobreamostragem

- Aleatório
- Data Augmentation



...



Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

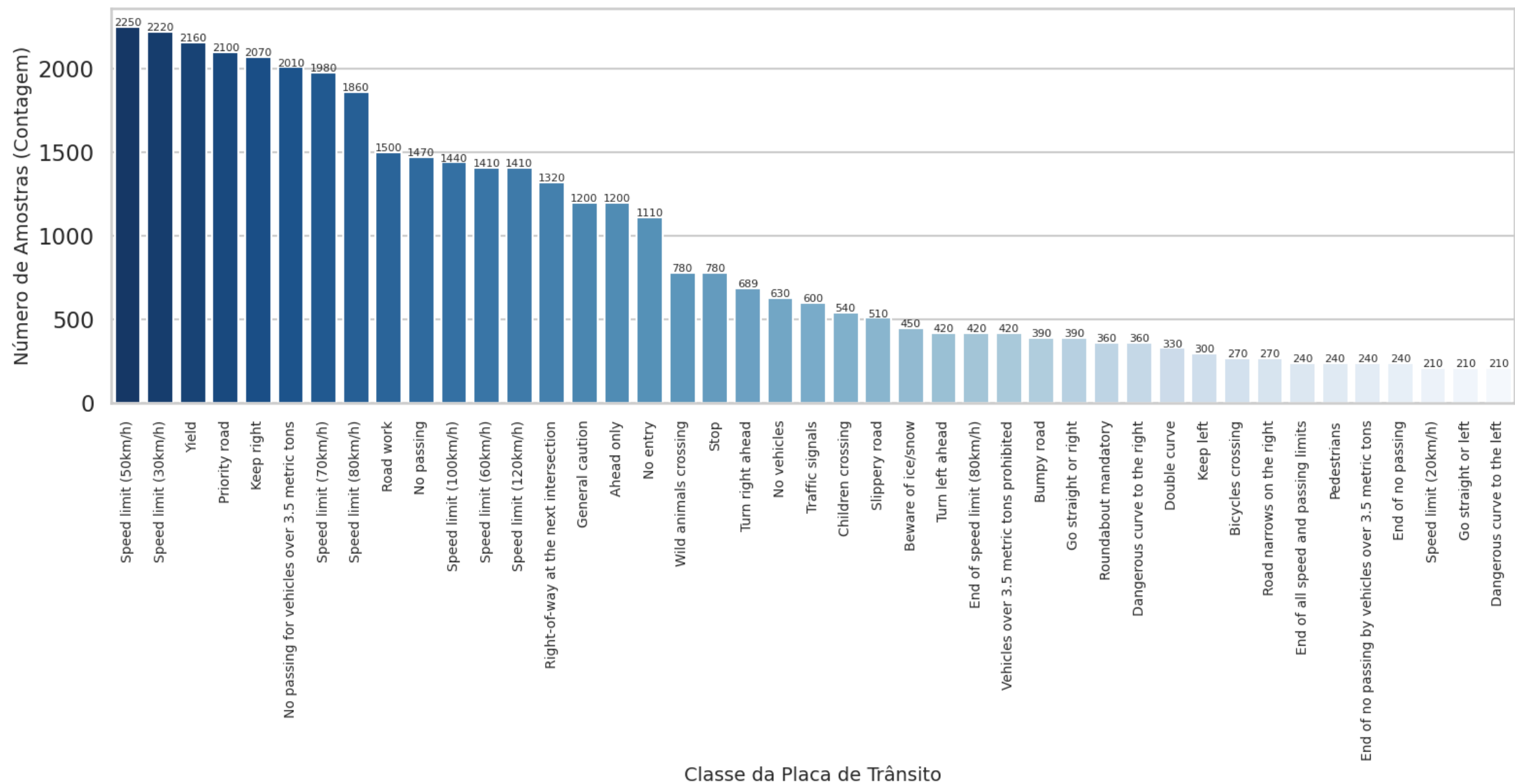
Sobreamostragem

- Aleatório
- Data Augmentation



Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Desbalanceamento de Classes no Dataset GTSRB



Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Sobreamostragem + Subamostragem

- Mediana



...



Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Sobreamostragem + Subamostragem

- Mediana

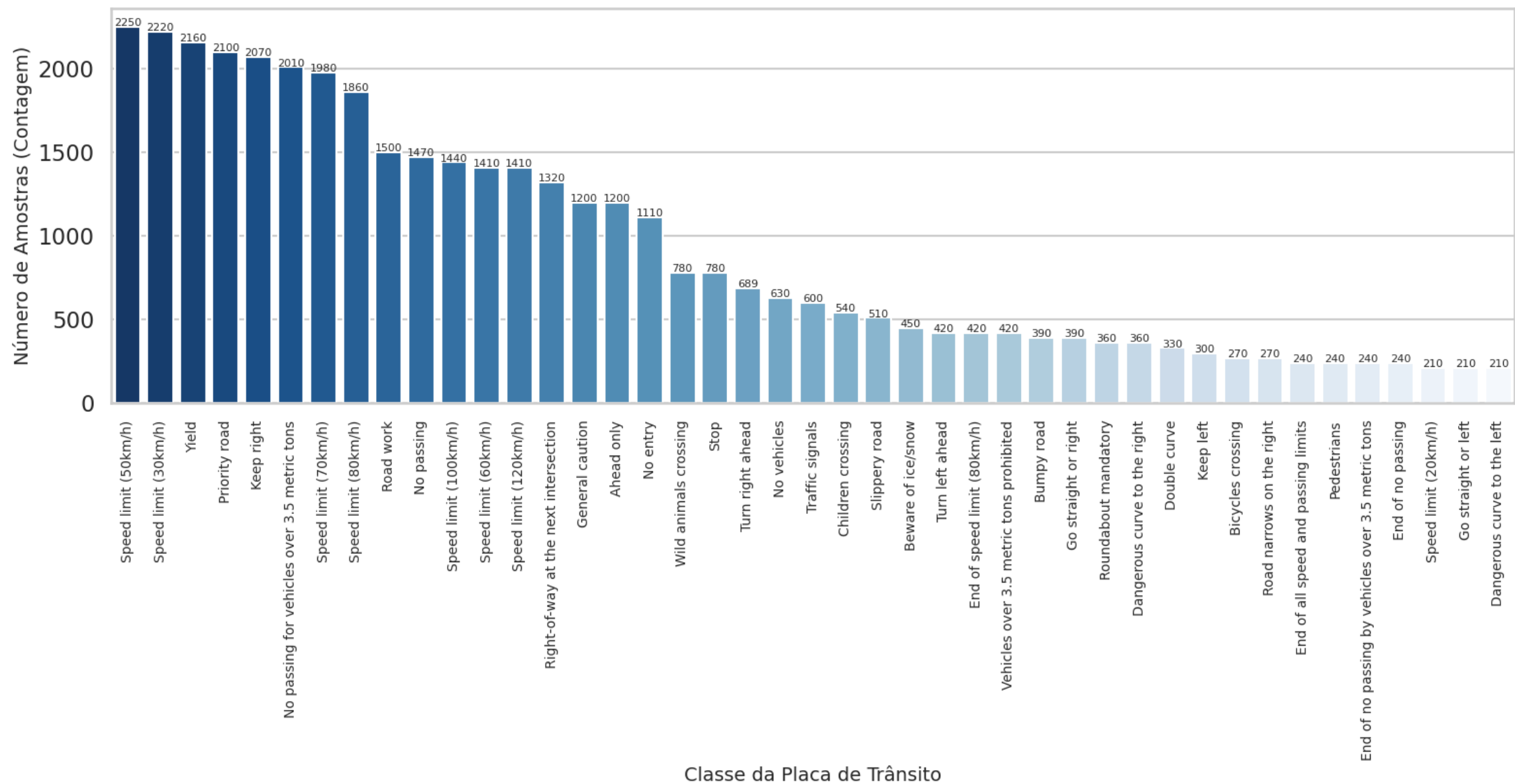


...



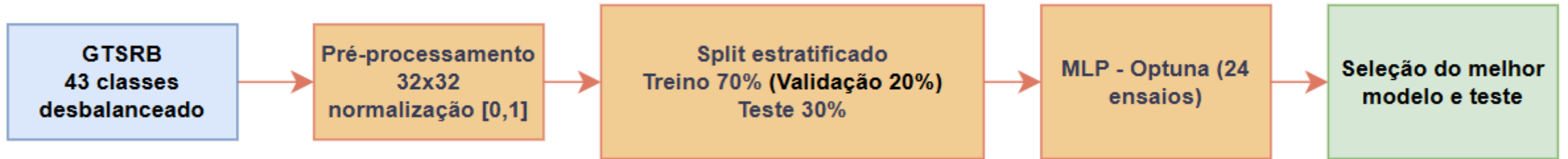
Classificação de Placas de Trânsito| Balanceamento

Desbalanceamento de Classes no Dataset GTSRB



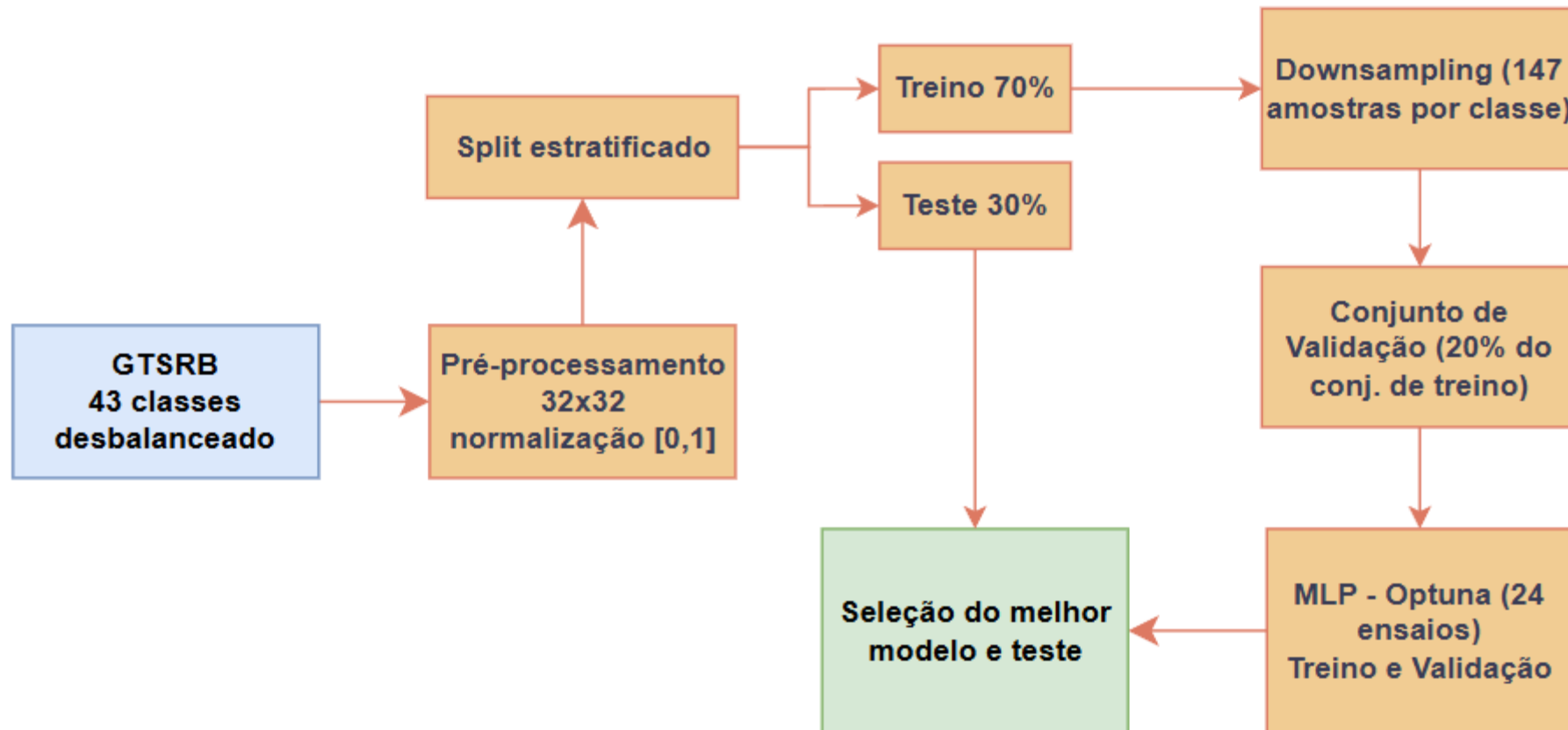
Classificação de Placas de Trânsito| Experimentos

MLPs sem balanceamento de dados



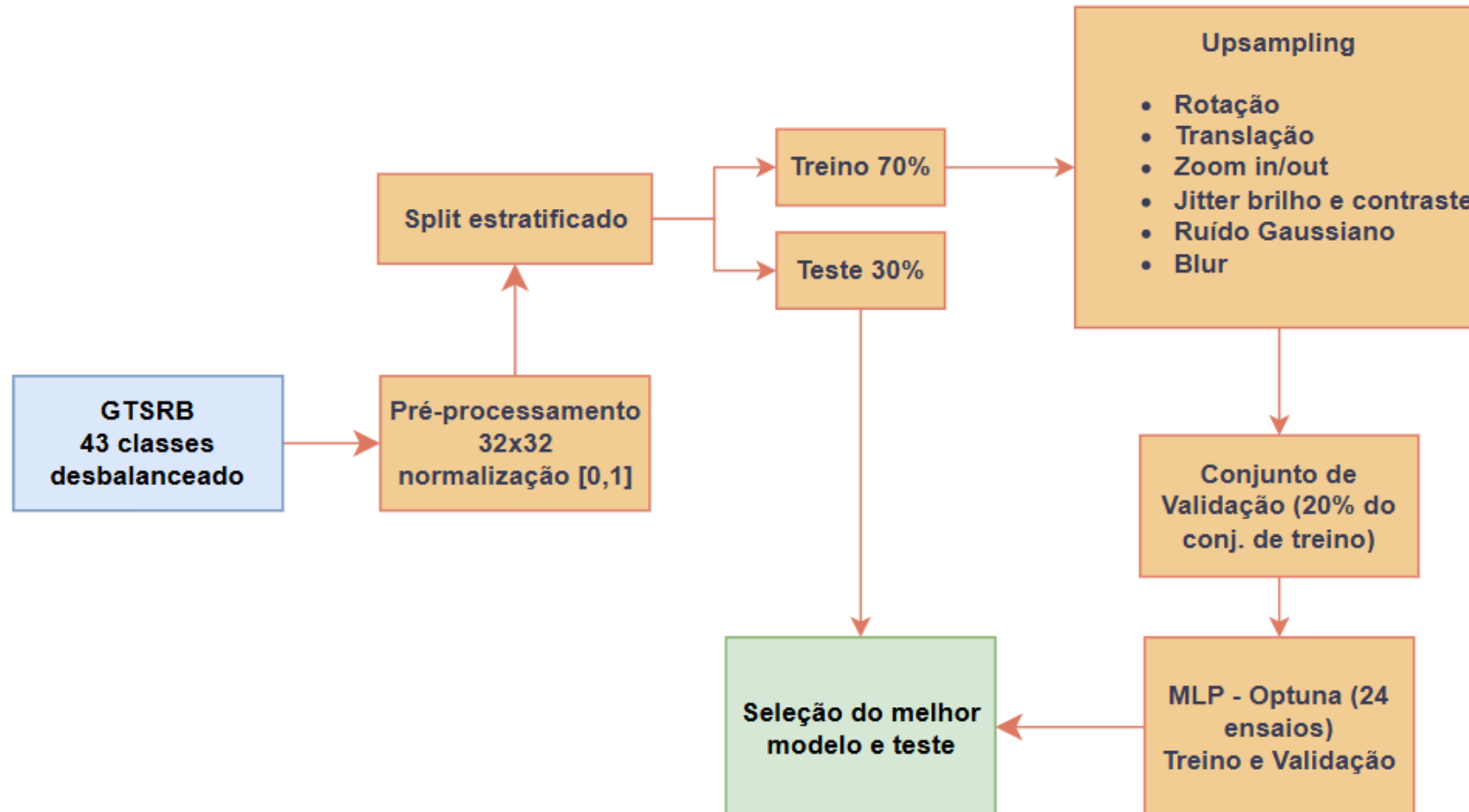
Classificação de Placas de Trânsito| Experimentos

MLPs com subamostragem



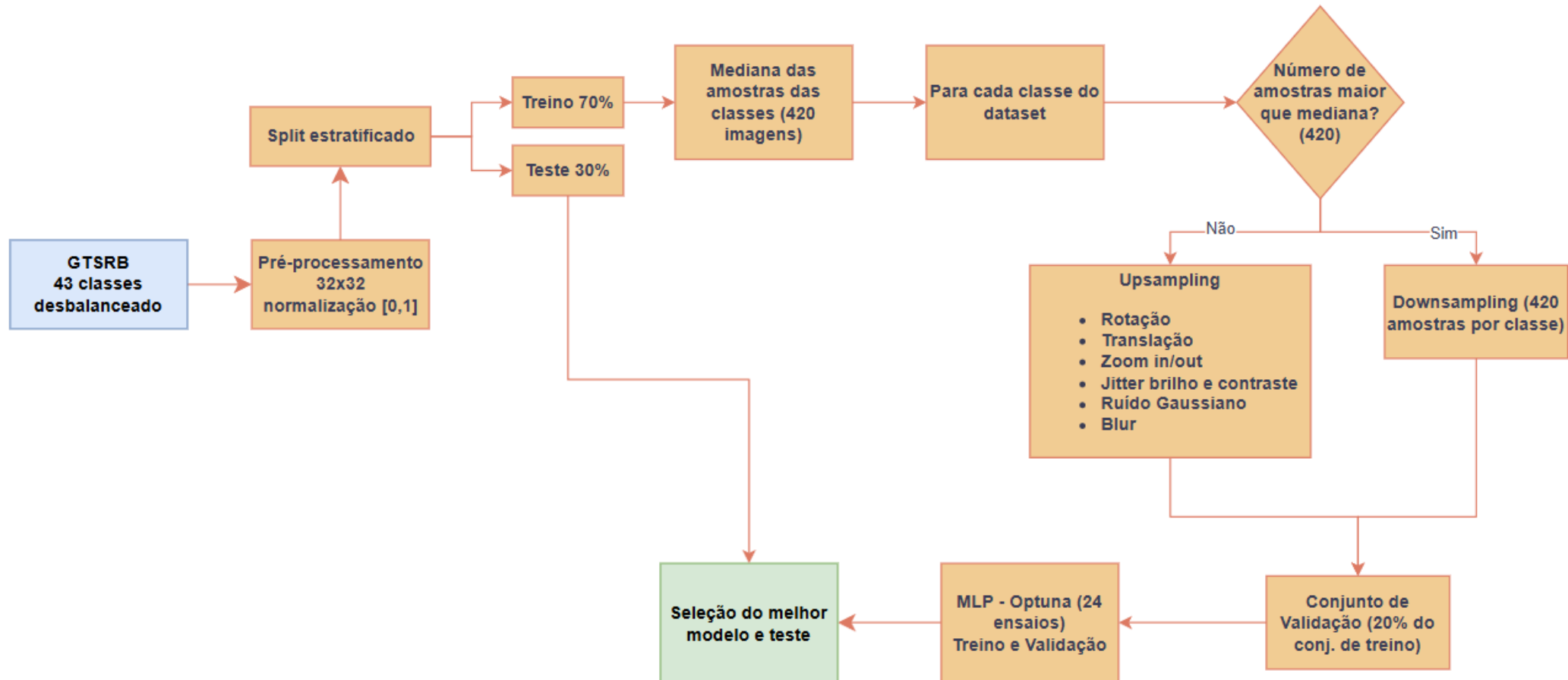
Classificação de Placas de Trânsito| Experimentos

MLPs com sobreamostragem



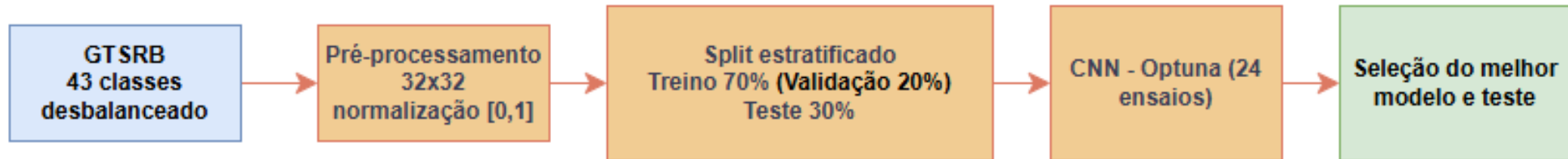
Classificação de Placas de Trânsito| Experimentos

MLPs com subamostragem + sobreamostragem



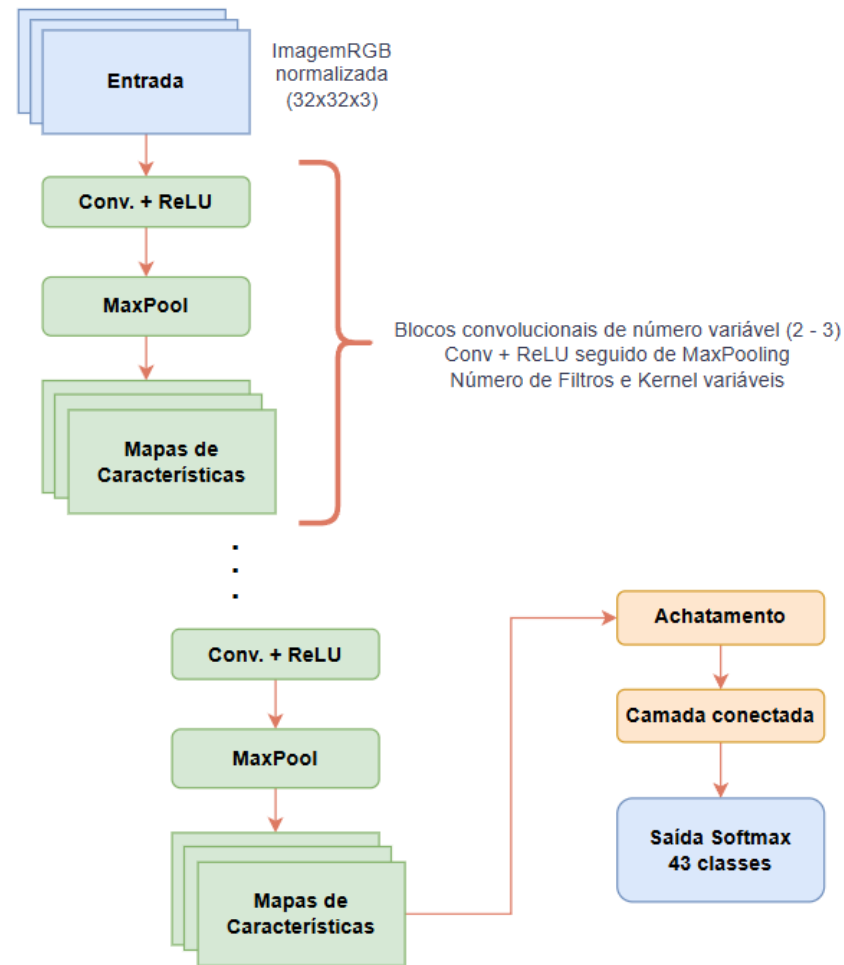
Classificação de Placas de Trânsito| Experimentos

CNN sem técnicas de balanceamento.



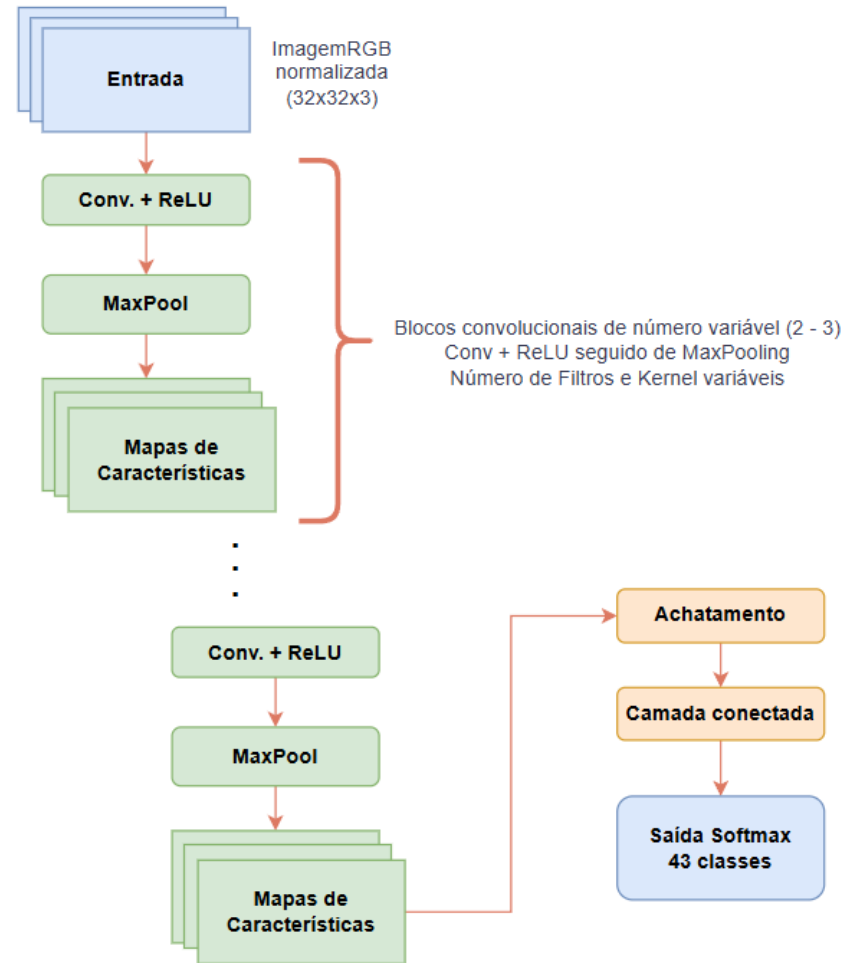
Classificação de Placas de Trânsito| Experimentos

CNN sem técnicas de balanceamento.



Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

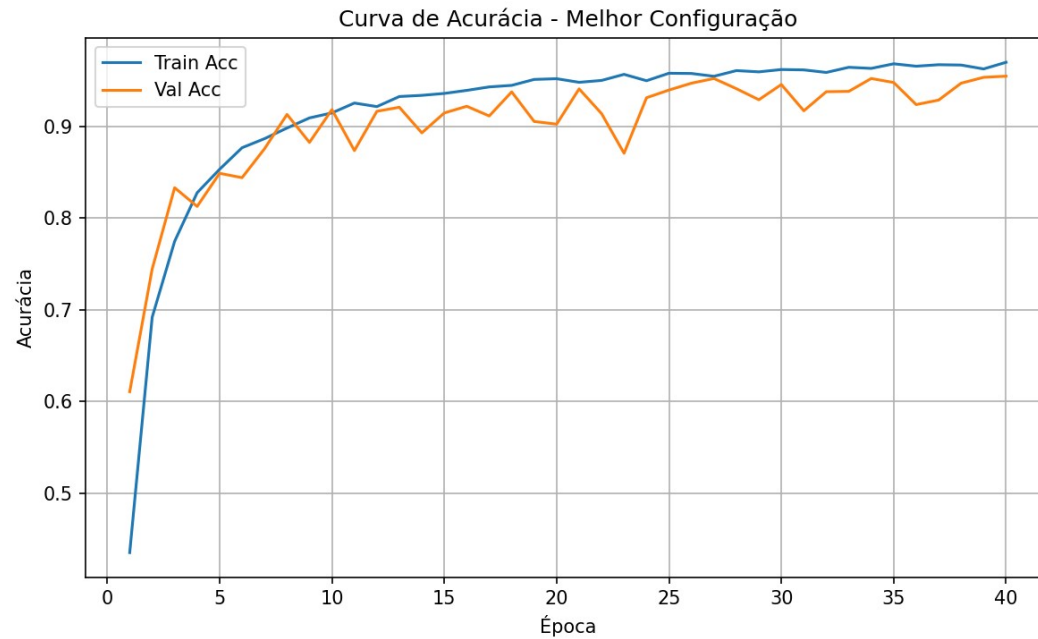
CNN sem técnicas de balanceamento.



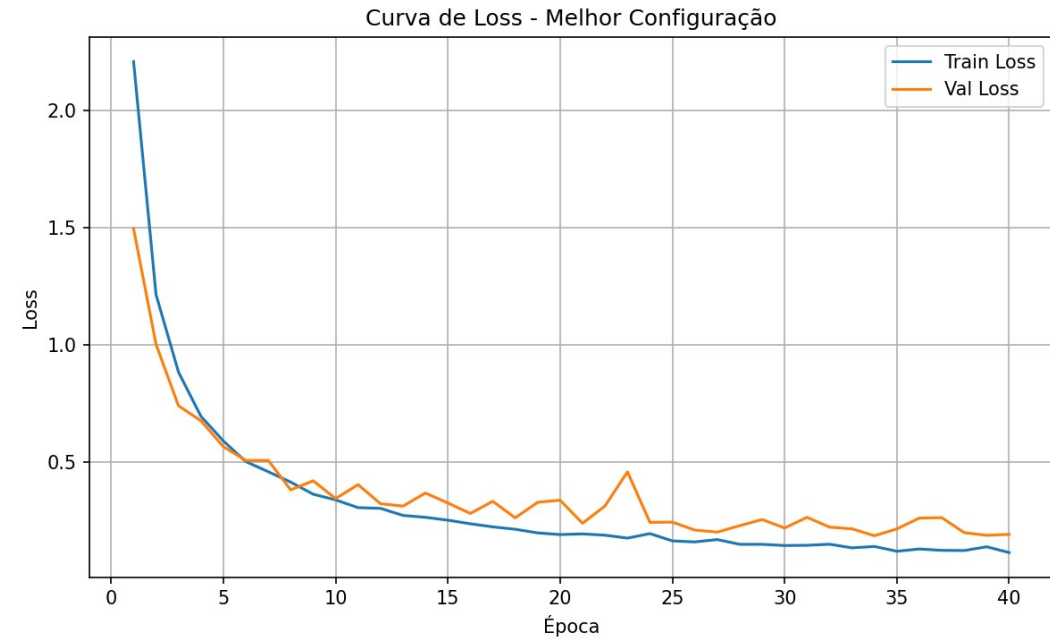
Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

MLPs sem balanceamento de dados

Acurácia



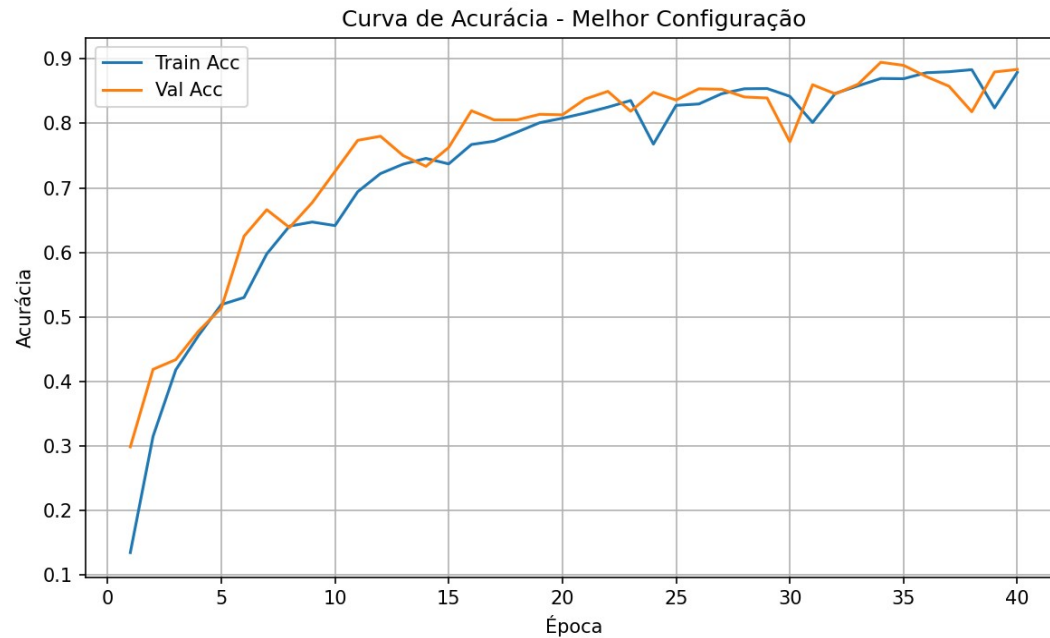
Loss



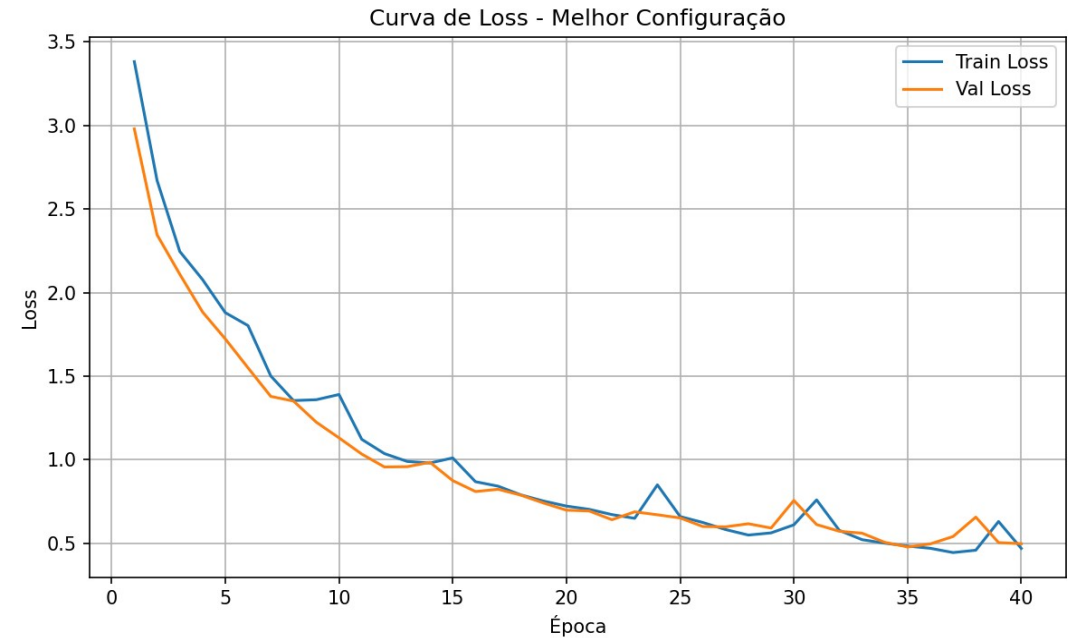
Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

MLPs com subamostragem

Acurácia



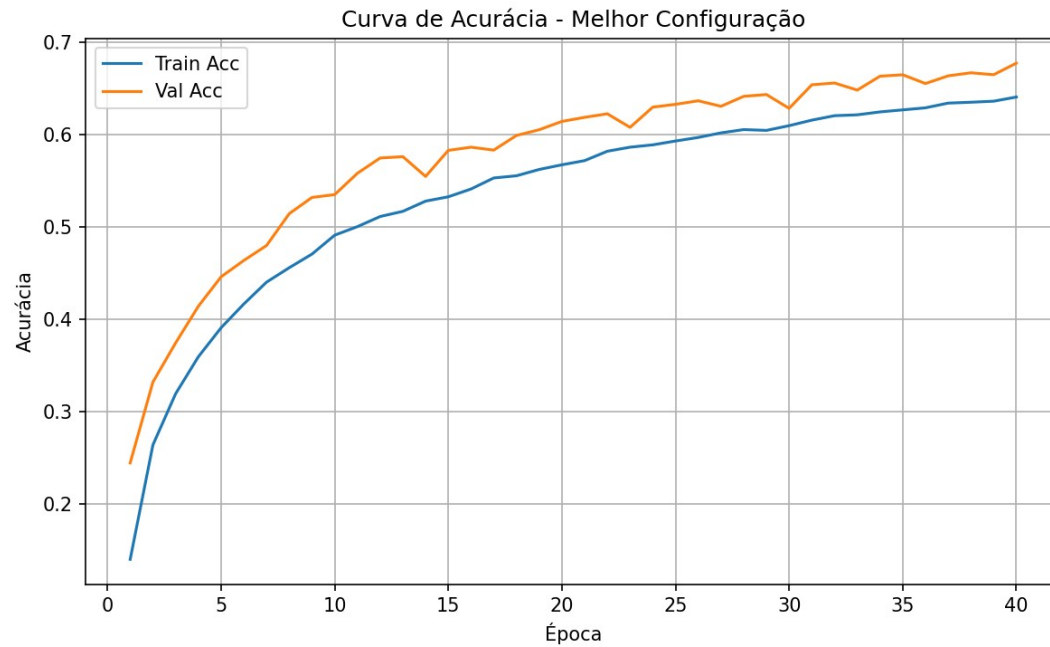
Loss



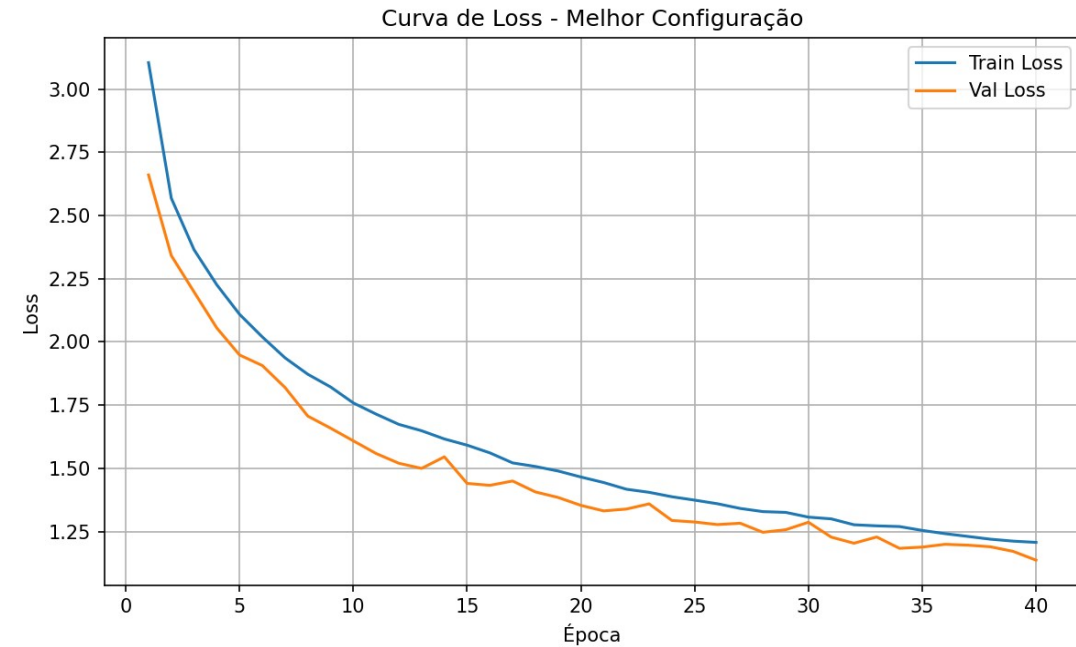
Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

MLPs com sobreamostragem

Acurácia



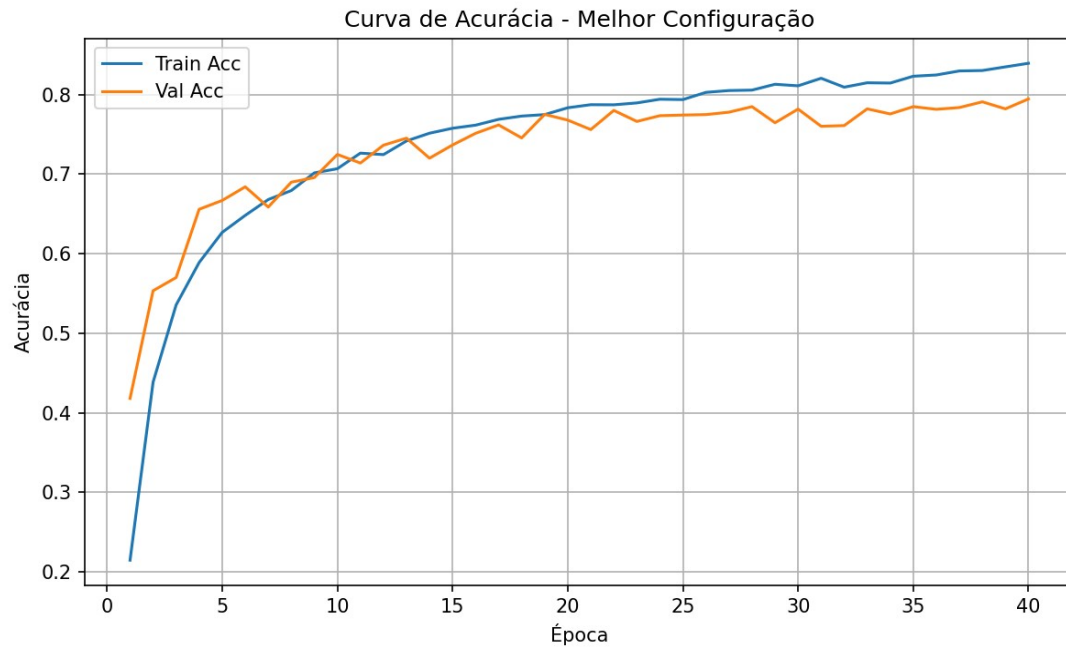
Loss



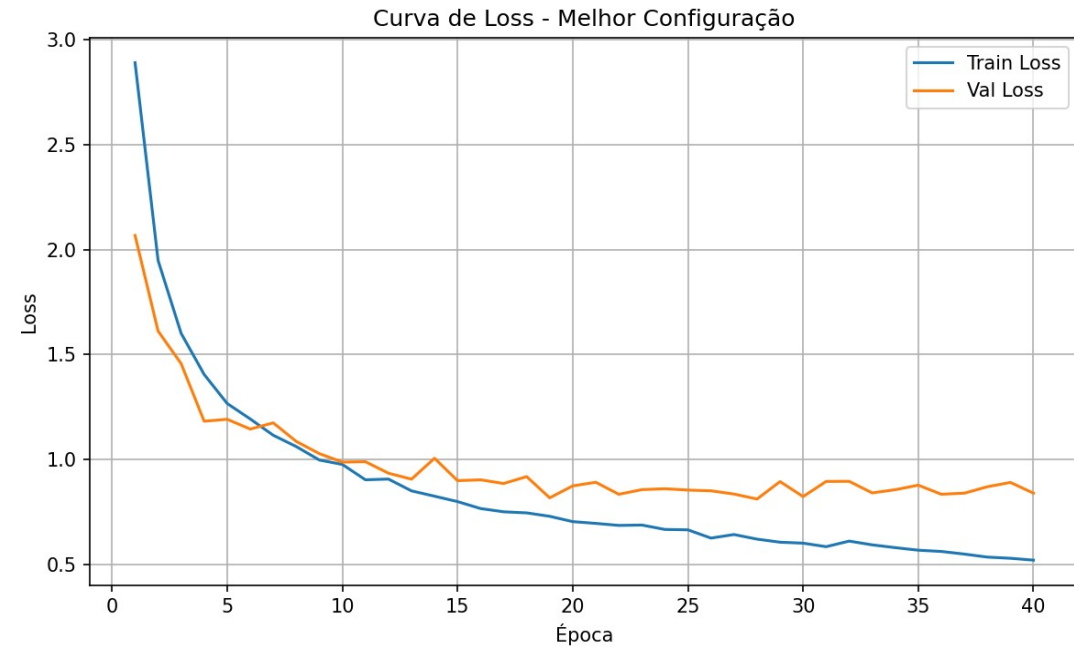
Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

MLPs com subamostragem + sobreamostragem

Acurácia



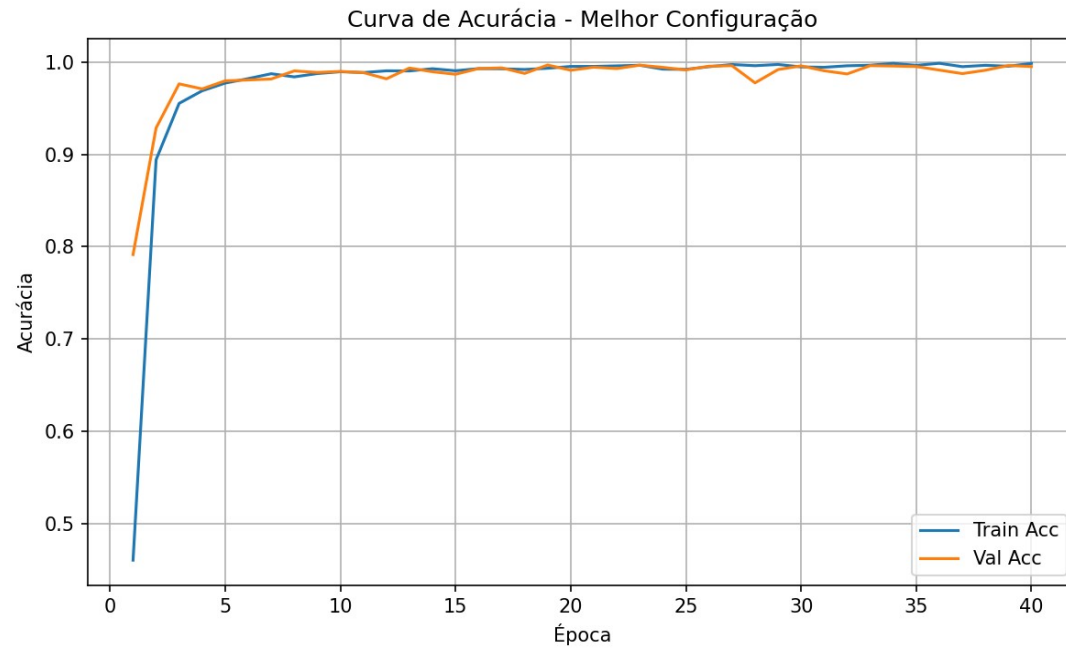
Loss



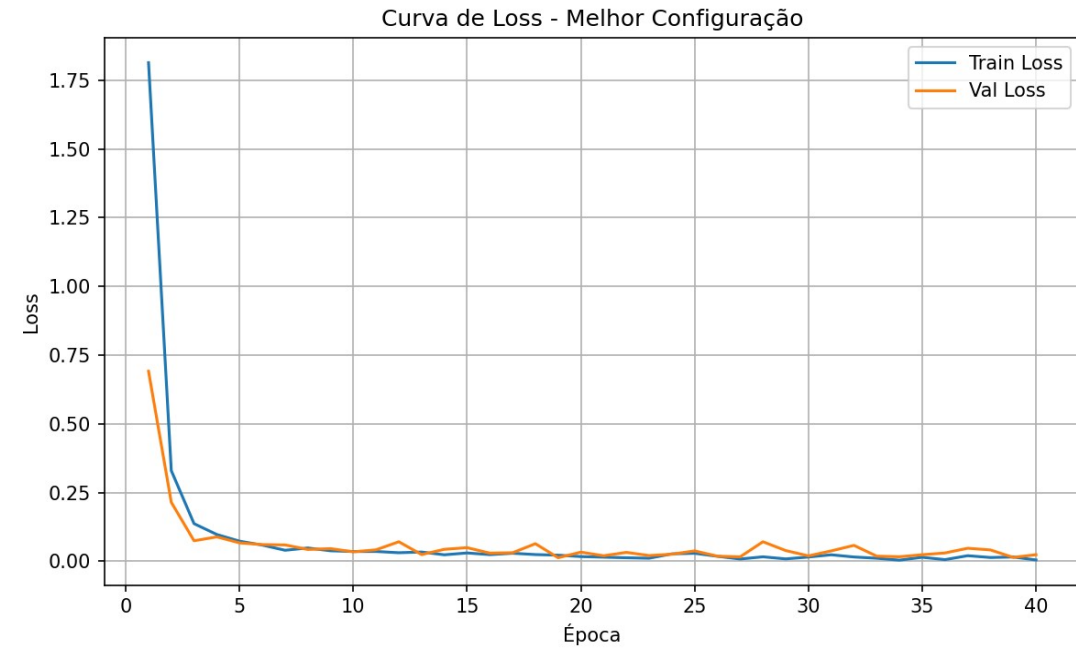
Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

CNN sem técnicas de balanceamento.

Acurácia



Loss



Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

Tabela Comparativa

Modelo	Técnica	Épocas	Acurácia (Validação)	Acurácia (Teste)
MLP	Sem balanceamento	24	94.73%	95.72%
MLP	Subamostragem	24	89.24%	83.90%
MLP	Sobreamostragem	24	67.17%	93.30%
MLP	Subamostragem + Sobreamostragem	24	80.73%	91.74%
CNN	Sem balanceamento	24	99.81%	99.68%

Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

Tabela Comparativa

Modelo	Técnica	Épocas	Acurácia (Validação)	Acurácia (Teste)
MLP	Sem balanceamento	24	94.73%	95.72%
MLP	Subamostragem	24	89.24%	83.90%
MLP	Sobreamostragem	24	67.17%	93.30%
MLP	Subamostragem + Sobreamostragem	24	80.73%	91.74%
CNN	Sem balanceamento	24	99.81%	99.68%

Classificação de Placas de Trânsito| Resultados

Tabela Comparativa

Modelo	Técnica	Épocas	Acurácia (Validação)	Acurácia (Teste)
MLP	Sem balanceamento	24	94.73%	95.72%
MLP	Subamostragem	24	89.24%	83.90%
MLP	Sobreamostragem	24	67.17%	93.30%
MLP	Subamostragem + Sobreamostragem	24	80.73%	91.74%
CNN	Sem balanceamento	24	99.81%	99.68%

- A CNN superou todas as variações da MLP com larga vantagem.
- A CNN foi robusta ao desbalanceamento de classes, não necessitando de técnicas auxiliares.
- Desempenho da CNN é próximo da perfeição para esta tarefa.

Classificação de Placas de Trânsito| Conclusões

Extração de Padrões Espaciais:

CNNs são projetadas para preservar e aprender da estrutura 2D (texturas, formas).

MLPs "achata" a imagem, perdendo toda a informação espacial.

Aprendizado Hierárquico:

CNNs aprendem características simples (bordas) e as combinam em padrões complexos (placas).

Robustez:

CNNs (com *pooling*) têm maior invariância a pequenas translações e distorções.

A MLP se mostrou inadequada para problemas de visão computacional.