

**LSTM and Car Trips: Process Description**

AI Driving Classification EXTRA

Licenciatura em Engenharia Informática

Alberto Manuel de Matos Pingo, nº 2202145

João Pedro Quintela de Castro, nº 2201781

Leiria, julho de 2024

# Resumo

Inserir aqui o resumo. Trata-se de um elemento **obrigatório**.

Deve começar sempre numa página ímpar. Se ocupar um número par de páginas (p. ex. 2), deve ajustar-se o texto para que a próxima secção (abstract) se inicie numa página ímpar. O resumo deve acabar com a lista de palavras-chave.

**No resumo deve dar-se nota das principais ideias do trabalho (objetivos e conclusões).**

Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo.

Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo. Texto do resumo.

**Palavras-chave:** Inteligência Artificial, Redes Neuronais, LSTM, RNN, Condução, Classificação

# Abstract

Please insert here the abstract in English. This is a **mandatory** element.

The abstract should always start in an odd page. If the length is a multiple of two, the text should be adjusted in order to the next section start also in an odd page. The abstract should end with a list of keywords.

Please insert here the abstract in English. Please insert here the abstract in English. Please insert here the abstract in English. Please insert here the abstract in English. Please insert here the abstract in English.

Please insert here the abstract in English. Please insert here the abstract in English. Please insert here the abstract in English. Please insert here the abstract in English. Please insert here the abstract in English.

**Keywords:** Artificial Intelligence, Neural Networks, LSTM, RNN, Driving, Classification

Índice

[Dedicatória ii](#_Toc168094026)

[Agradecimentos iii](#_Toc168094027)

[Resumo iv](#_Toc168094028)

[Abstract v](#_Toc168094029)

[Lista de Figuras viii](#_Toc168094030)

[Lista de tabelas ix](#_Toc168094031)

[Lista de siglas e acrónimos x](#_Toc168094032)

[1. Introdução 1](#_Toc168094033)

[1.1. Objetivo do Projeto 1](#_Toc168094034)

[1.2. Justificação e Pertinência do Tema 1](#_Toc168094035)

[1.3. Objetivos do Trabalho 1](#_Toc168094036)

[2. Implementação 2](#_Toc168094037)

[2.1. Descrição e Caracterização dos Dados 3](#_Toc168094038)

[2.1.1. Estrutura dos Dados 3](#_Toc168094039)

[2.1.2. Sensores Utilizados 3](#_Toc168094040)

[2.2. Tratamento dos Dados 3](#_Toc168094041)

[2.2.1. Processo de Tratamento de Dados 3](#_Toc168094042)

[2.3. Classificação dos Dados 5](#_Toc168094043)

[2.3.1. Descrição dos Parâmetros de Entrada 5](#_Toc168094044)

[2.3.2. Processo de Classificação dos Dados 5](#_Toc168094045)

[2.4. Normalização dos Dados 7](#_Toc168094046)

[2.4.1. Processo de Normalização dos Dados 7](#_Toc168094047)

[2.5. Representação Visual dos Dados 9](#_Toc168094048)

[2.6. Separação dos Dados em Treino e Teste 9](#_Toc168094049)

[2.6.1. Processo de Separação dos Dados 9](#_Toc168094050)

[2.7. Criação do Modelo 10](#_Toc168094051)

[2.7.1. Estrutura do Modelo 11](#_Toc168094052)

[2.8. Compilação e Treino 11](#_Toc168094053)

[2.9. Resultados 11](#_Toc168094054)

[3. Desenvolvimento 12](#_Toc168094055)

[4. Conclusões ou Conclusão 13](#_Toc168094056)

[Bibliografia ou Referências Bibliográficas 14](#_Toc168094057)

[Anexos 15](#_Toc168094058)

[Glossário 16](#_Toc168094059)

# Lista de Figuras

[Figura 4.1 - Texto ilustrativo da figura 1. 5](#_Toc167738287)

[Figura 4.2 - Texto ilustrativo da figura 2. 5](#_Toc167738288)

[Figura 3 - Diagrama Ilustrativo de uma RNN 9](#_Toc167738289)

[Figura 4 - Diagrama Ilustrativo de uma LSTM 11](#_Toc167738290)

[Figura 5 - Diagrama Ilustrativo da Forget Gate 12](#_Toc167738291)

[Figura 6 - Diagrama Ilustrativo da Input Gate 13](#_Toc167738292)

[Figura 7 - Diagrama Ilustrativo da Output Gate 14](#_Toc167738293)

[Figura 8 - Diagrama Ilustrativo do Tratamento dos Dados 18](#_Toc167738294)

[Figura 9 - Diagrama Ilustrativo Da Classificação dos Dados 20](#_Toc167738295)

[**Figura 10** - Diagrama Ilustrativo Da Função Max Of Vectors Aplicada ao Acelerometro 21](#_Toc167738296)

[Figura 11 - Diagrama Ilustrativo Da Função Max Of Vectors Aplicada ao Giroscópio 22](#_Toc167738297)

[Figura 12 - Diagrama Ilustrativo da Normalização dos Dados 22](#_Toc167738298)

[Figura 13 - Diagrama Ilustrativo da Separação dos Dados 24](#_Toc167738299)

[Figura 14 - Diagrama Ilustrativo Da Estrutura do Modelo 24](#_Toc167738300)

[Figura 15 - Gráfico Ilustrativo do Desempenho do Modelo ao Longo de Trinta Épocas 25](#_Toc167738301)

# Lista de tabelas

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

[Tabela 1 - Tabela representativa das reuniões e dos tópicos abordados 2](#_Toc167367622)

[Tabela 4.1 - Texto ilustrativo da tabela 1. 5](#_Toc167367623)

# Lista de siglas e acrónimos

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

|  |  |
| --- | --- |
| ESTG | Escola Superior de Tecnologia e Gestão |
| IA | Inteligência Artificial |
| LSTM | Long Short-Term Memory |
| LLM | Large Language Model |
| JSON | JavaScript Object Notation |
| RNN | Recurrent Neural Network |
|  |  |
|  |  |

Cuidados na elaboração da lista de siglas e acrónimos:

* Ordenação alfabética;
* Apenas as que sejam relevantes para a leitura do texto.

Adicionar mais entradas à tabela, caso seja necessário (a tabela não tem contornos, mas está no texto).

# Introdução

O presente projeto, intitulado “AI Driving Classification”, propõe-se a explorar, analisar e classificar a condução de condutores através de uma rede neuronal. Este projeto surge da necessidade de compreender os padrões de comportamento ao volante e as implicações que têm na segurança rodoviária.

## Objetivo do Projeto

O objetivo central deste projeto é a classificação da condução com base em dados adquiridos através de uma aplicação. Por meio da análise destes dados, procura-se identificar padrões de comportamento do condutor, tais como tipo de aceleração, tipo de travagem, entre outros indicadores relevantes para a classificação.

## Justificação e Pertinência do Tema

A analise da condução é de extrema importância em diversos contextos, desde a segurança rodoviária ou até ao desenvolvimento de sistemas de assistência á condução. Compreender os padrões de condução pode contribuir significativamente para a prevenção de acidentes rodoviários.

## Objetivos do Trabalho

Os objetivos gerais deste projeto consistem em em desenvolver um modelo de classificação de condução o mais preciso e confiável possível, capaz de identificar diferentes estilos e padrões direção.

# Implementação

A implementação deste projeto passa por várias etapas crucias que vão desde as descrições até a compilação e treino do modelo. Esta secção irá detalhar cada um dos processos de implementação da solução, fornecendo uma visão abrangente sobre o processamento e a análise dos dados obtidos, além das técnicas de classificação e normalização utilizadas.

Para facilitar a compreensão de cada um dos processos, utilizamos diagramas para descrever a implementação de cada uma das fases. A tabela que se segue tem como propósito ajudar a interpretar os diagramas, proporcionando uma visão organizada dos esquemas de cores utilizados nos mesmos:

|  |  |
| --- | --- |
| **Cor** | **Significado** |
| **Amarelo** |  |
| **Azul** |  |
| **Verde** |  |
| **Vermelho** |  |
| **Roxo**  **Rosa**  **Azul-Turquesa** |  |
| **Castanho** |  |
| **Laranja** |  |

## Descrição e Caracterização dos Dados

Os dados fornecidos têm por base um dataset em formato CSV que contêm várias características relacionadas com a condução. Estas características serão utilizadas para identificar diferentes tipos de manobras e comportamentos durante a condução.

### Estrutura dos Dados

* **Tempo**: Timestamp da recolha dos dados
* **Velocidade**: Medida em km/h
* **Aceleração**: Medida em m/s2
* **Latitude e Longitude**: Coordenadas GPS

### Sensores Utilizados

* **Acelerómetros**: Eixos X, Y, Z
* **Giroscópio**: Eixos X, Y, Z

## Tratamento dos Dados

Os dados foram processados para identificar e organizar diferentes manobras de condução como:

* Aceleração e desaceleração súbita
* Curvas e mudanças de faixa
* Paragens e arranques bruscos

### Processo de Tratamento de Dados

O processo de Tratamento inicia-se com a captação de dados através de seis sensores, três giroscópios e três acelerómetros, um para cada eixo. Os acelerómetros medem a aceleração ao longo dos eixos X, Y e Z e os giroscópios medem a velocidade angular ao longo desses mesmos eixos.

Com a captação dos dados feita, aplicamos uma função que separa os valores positivos dos negativos para evitar que possíveis valores negativos possam influenciar no desempenho do modelo. Ficamos assim com duas colunas, uma coluna onde só são armazenados os valores positivos e outra em que só são armazenados os valores negativos recolhidos pelos respetivos sensores.

Por fim estas duas colunas são organizadas num array 2D que e composto por 12 elementos no total, 6 elementos positivos e os 6 elementos negativos correspondentes aos dados processados pelos sensores.

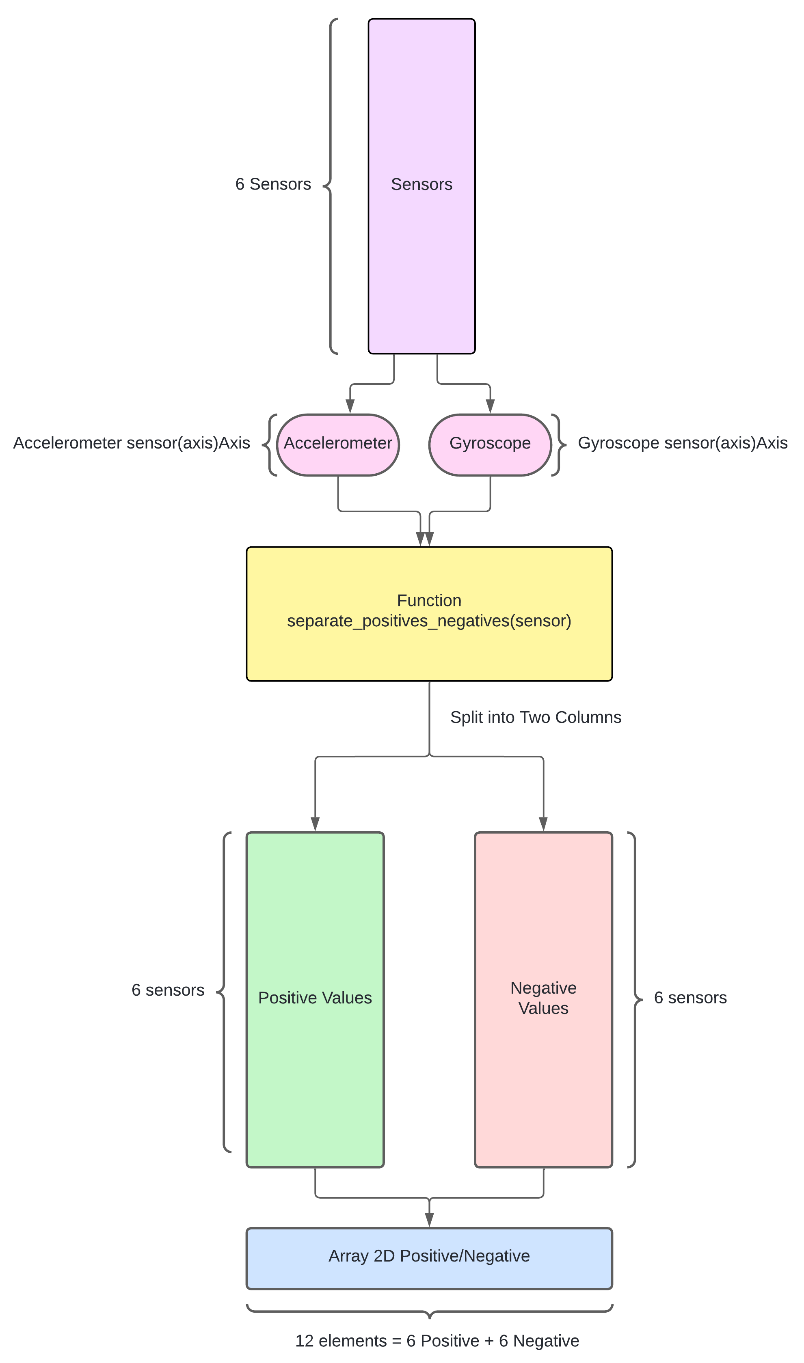


Figura 8 - Diagrama Ilustrativo do Tratamento dos Dados

## Classificação dos Dados

Para efetuar a classificação dos dados foi feita uma função denominada por ***y\_classification.*** Esta função recebe um conjunto de dados e um **treshold** e retorna uma matriz binária que indica se os valores em cada coluna excedem esses **treshold.**

### Descrição dos Parâmetros de Entrada

* **Data**: Matriz de dados de entrada, onde cada coluna representa um sensor específico.
* **Treshold:** Valor percentual usado para determinar o limiar acima do qual os dados serão classificados como 1.

### Processo de Classificação dos Dados

O processo de classificação dos dados inicia-se com a entrada de dois parâmetros, Data e o threshold, para a função **‘y\_classification(data, threshold)’**.

A função **‘y\_classification’** tem como objetivo classificar os dados de forma booleana, ou seja, 1 para agressivo e 0 para não agressivo. Para isso, a função começa por inicializar um vetor que irá servir de output no final do processo de classificação. Após isso irá ser feito um **loop** que percorre todas as **12 colunas** e que irá calcular o valor máximo de cada coluna dos dados já tratados no tópico anterior, utilizando uma função da biblioteca Numpy denominada por **‘np.max(data[:, col])’**. Com o valor máximo de cada coluna calculado, efetuamos o cálculo do **‘threshold\_pos’**, sendo este nada mais que o produto do valor máximo de cada coluna pelo valor do thresholdfornecido como parâmetro de entrada, ou seja, **‘max\_value \* threshold’**.

Depois de termos calculado o **‘threshold\_pos’**, a classificação dos dados e feita como:

* Se o valor dos dados for maior ou igual ao **‘threshold\_pos’**, o dado irá ser classificados como **1**, ou seja, **agressivo**.
* Se o valor dos dados for menor que **‘threshold\_pos’**, o dado irá ser classificados como **0**, ou seja, **não agressivo**.

Por fim, com os dados já classificados, é retornado o vetor inicializado no início da função contendo esses mesmos dados.

|  |
| --- |
| Figura 9 - Diagrama Ilustrativo Da Classificação dos Dados |

## Normalização dos Dados

Foi feita uma normalização dos dados que permitiu garantir que os diferentes tipos de dados fossem comparáveis e melhorar o desempenho do modelo. Esta normalização envolveu:

* **Escalonamento**: Ajustar os valores de cada variável para um intervalo comum compreendido entre [0, Max Value de cada Conjunto de Sensores]

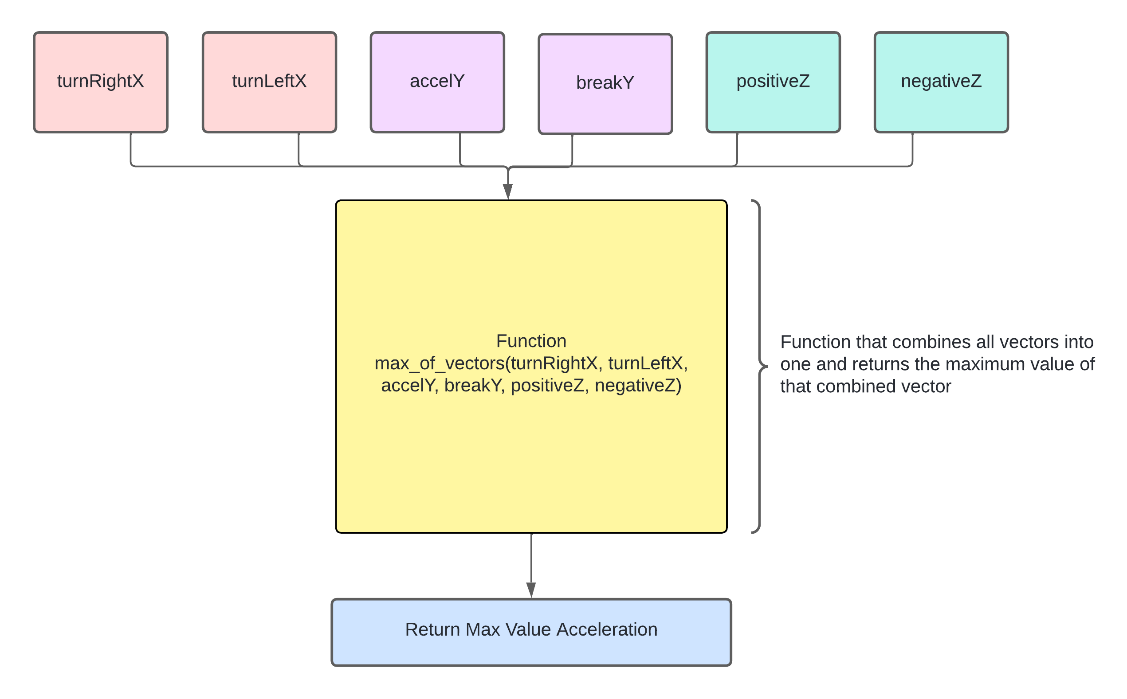
### Processo de Normalização dos Dados

O processo de normalização de dados começa com a aplicação da função ‘**max\_of\_vectors**’ que pode ter duas variações:

* Para o acelerómetro, onde os parâmetros de entrada são os: **‘turnRightX’, ‘turnLeftX’, ‘accelY’, ‘breakY’, ‘positiveZ’, ‘negativeZ’**;
* Para o giroscópio, em que os parâmetros de entrada são: **‘gyrPositiveX’, ‘gyrNegativeX’, ‘gyrPositiveY’, ‘gyrNegativeY’,’ gyrPositiveZ’ e**

**‘gyrNegativeZ’**

O objetivo desta função e juntar todas as colunas de entrada e combina-las num vetor único calculando depois o valor máximo deste vetor. O resultado final é o retorno do valor máximo do acelerómetro ou do giroscópio que irá ter como papel o parâmetro de entrada da função **‘normalize\_between\_0\_and\_max\_v2(data, max\_value)’.**



**Figura 10** - Diagrama Ilustrativo Da Função Max Of Vectors Aplicada ao Acelerometro

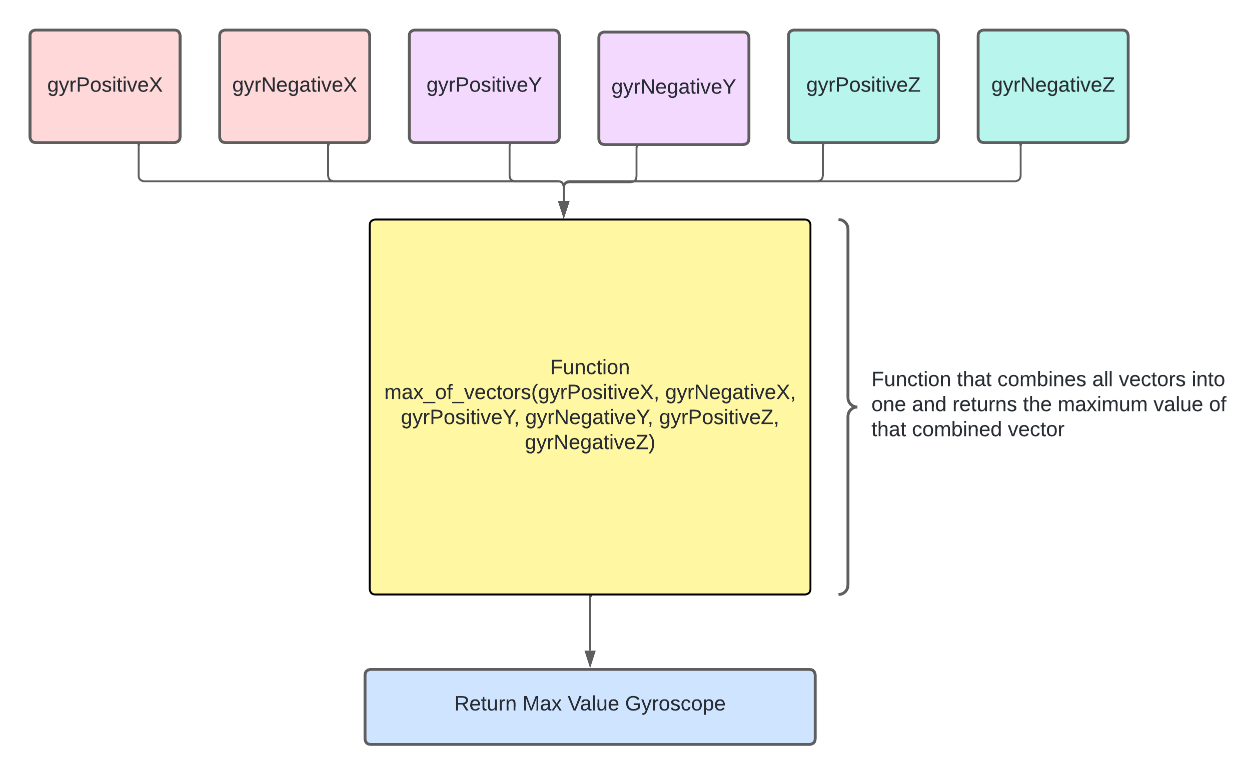


Figura 11 - Diagrama Ilustrativo Da Função Max Of Vectors Aplicada ao Giroscópio

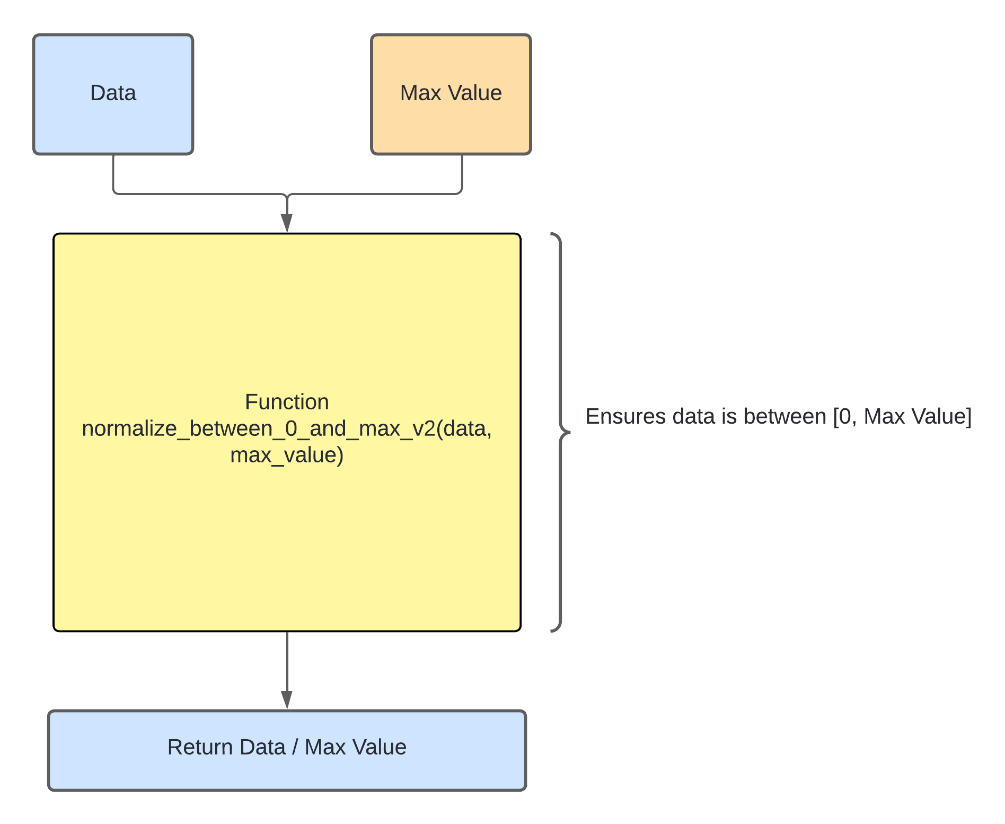


Figura 12 - Diagrama Ilustrativo da Normalização dos Dados

## Representação Visual dos Dados

As posições de GPS das manobras identificadas são guardadas em ficheiros CSV para posterior visualização no Google Maps.

def save\_manovers\_positions\_to\_csv\_file(gps\_positions, manovers, filename):

output = np.zeros\_like(gps\_positions)

for i in range(len(manovers)):

if manovers[i] == 1:

output[i] = gps\_positions[i]

output = output[~np.all(output == 0, axis=1)]

np.savetxt(filename, output, delimiter=',', fmt='%.9f')

positions = np.array(list(zip(latitude, longitude)))

save\_manovers\_positions\_to\_csv\_file(positions, y[:, 2], "accelY.csv")

save\_manovers\_positions\_to\_csv\_file(positions, y[:, 3], "breakY.csv")

save\_manovers\_positions\_to\_csv\_file(positions, y[:, 0], "turnRightX.csv")

save\_manovers\_positions\_to\_csv\_file(positions, y[:, 1], "turnLeftX.csv")

save\_manovers\_positions\_to\_csv\_file(positions, y[:, 10], "gyrPositZ.csv")

save\_manovers\_positions\_to\_csv\_file(positions, y[:, 11], "gyrNegZ.csv")

## Separação dos Dados em Treino e Teste

Os dados foram divididos em conjuntos de treino e teste para avaliar a performance do modelo. Esta divisão foi feita na seguinte proporção:

* **80%**: Dados para Treino
* **20%**: Dados para Teste

### Processo de Separação dos Dados

Para a divisão dos dados em conjuntos para treino e teste, foi utilizada a função **‘split\_train\_test(data, test\_size=0.2)’**, que tem como parâmetros de entrada a data e o tamanho que a sequencia de dados de teste irá ter. Este tamanho tem influência direta no tamanho da sequencia de treino, pois se o ‘**test\_size=0.2’** significa que **20%** dos dados serão utilizados para o modelo realizar os testes, o que faz com que a sequencia de treino tenha como tamanho **0.8**, ou seja **80%** dos dados.

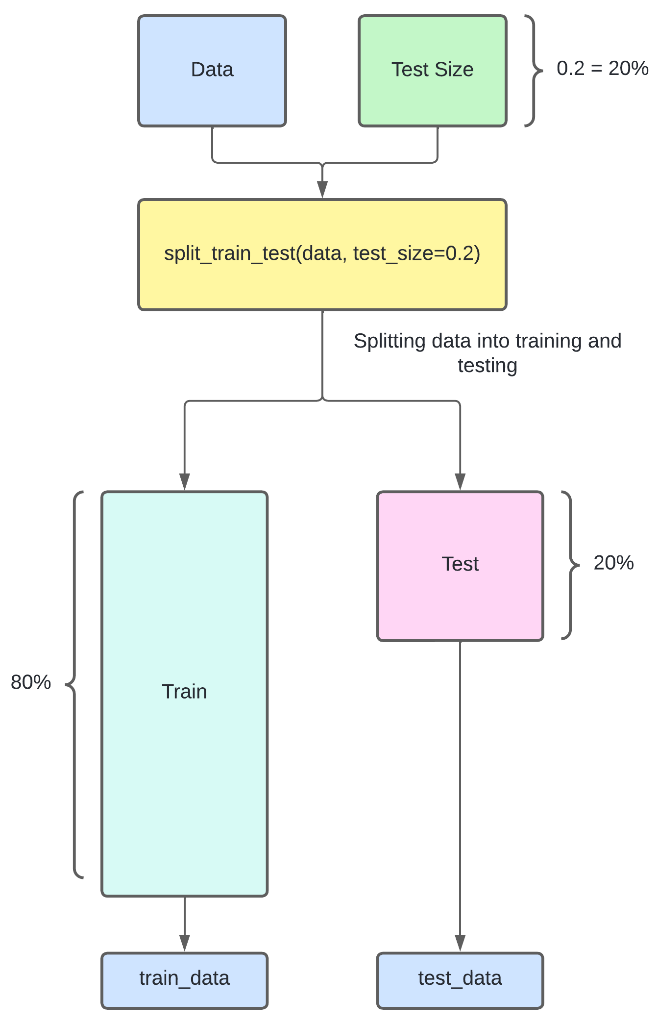


Figura 13 - Diagrama Ilustrativo da Separação dos Dados

## Criação do Modelo

Para a criação do modelo, utilizamos uma abordagem baseada em RNN, mais concretamente a arquitetura LSTM.

Uma imagem com captura de ecrã, diagrama, design

Descrição gerada automaticamente

Figura 14 - Diagrama Ilustrativo Da Estrutura do Modelo

### Estrutura do Modelo

* **Tipo de Modelo**: Sequencial
* **Primeira Camada**: 32 unidades com a ***Relu*** como função de ativação
* **Segunda Camada**: 16 unidades com a ***Sigmoid*** como função de ativação
* **Camada Densa**: Número de unidades igual ao número de classes do conjunto de treino utilizando uma função linear de ativação para prever valores contínuos.

## Compilação e Treino

O modelo é compilado utilizando o optimizador ***Adam*** e a função de perda***Mean Squared Error.***

model\_lstm.compile(loss='mean\_squared\_error', optimizer='adam')

early\_stop = EarlyStopping(monitor='loss', patience=5, verbose=1)

## Resultados

Depois de treinarmos o modelo, os resultados são apresentados incluindo o histórico de perda para o treino e para o teste. É também gerado um gráfico com o desempenho do modelo ao longo do número de épocas proposto na criação do mesmo.

Uma imagem com texto, captura de ecrã, file, Gráfico

Descrição gerada automaticamente

Figura 15 - Gráfico Ilustrativo do Desempenho do Modelo ao Longo de Trinta Épocas

# Conclusão

Inserir aqui as conclusões ou conclusão. Trata-se de um elemento **obrigatório**.

A conclusão:

* Deve ser sucinta;
* Não deve conter informações ou ideias novas;
* Deve permitir concluir se se atingiram os objetivos enunciados na introdução.

Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão.

Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão. Texto da conclusão.

# Bibliografia ou Referências Bibliográficas

Inserir aqui a bibliografia ou referências bibliográficas. Trata-se de um elemento **obrigatório**.

Notas: o sistema a adotar para a apresentação das referências bibliográficas e as suas citações deve:

* Respeitar uma norma estabelecida;
* Seguir as práticas mais disseminadas na área em causa;
* Ser empregue de modo uniforme em todo o documento.

Bibliografia – quando se coloca toda a bibliografia consultada;

Referências bibliográficas – quando se faz referência apenas à bibliografia citada.

# Anexos

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

# Glossário

Elemento a figurar, **quando aplicável**.