

**Site Web Meteo com Inteligência Artificial**

Licenciatura em Engenharia Informática

Edgar Filipe da Silva Mendes

João Rafael Freitas Oliveira

Leiria, junho de 2023



**Site Web Meteo com Inteligência Artificial**

Licenciatura em Engenharia Informática

Edgar Filipe da Silva Mendes

João Rafael Freitas Oliveira

Trabalho de Projeto da unidade curricular de Projeto Informático realizado sob a orientação do Professor João da Silva Pereira e do Professor Rui Vasco Guerra Baptista Monteiro

Leiria, junho de 2023

# Agradecimentos

--------------------------------------------------------------------------------------------------------

Inserir aqui os agradecimentos. Trata-se de um elemento **facultativo**.

Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos.

Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos. Texto dos agradecimentos.

# Resumo

Todos temos a perceção que a meteorologia ou o estado do tempo influencia de uma forma considerável todas as atividades humanas, sejam elas desenvolvidas em edifícios ou ao ar livre. Para além da preparação diária para sair de casa, a previsão da precipitação é importante para muitas áreas, tais como aviação, navegação, agricultura, indústria, comércio e turismo.

Em Portugal, o Instituto Português do Mar e da Atmosfera (IPMA), uma organização oficial pública, analisa e faz a previsão do estado do tempo para períodos longos até 10 dias e com um certo grau de incerteza. Por esse motivo, o objetivo do projeto é alcançar uma alta taxa de acerto na identificação de padrões de precipitação para que o algoritmo seja confiável em contextos reais.

Para atingir esse objetivo, o IPMA procedeu à implementação de radares para captura de imagens do estado meteorológico, imagens que serão utilizadas para prever a precipitação em Leiria. Neste projeto serão testadas técnicas de inteligência artificial com redes neuronais artificiais em Deep Learning.

**Palavras-chave:** Deep Learning, CNN, Meteorologia, IPMA, Redes Neuronais Artificiais

# Abstract

We all perceive that meteorology or weather conditions significantly influence all human activities, whether carried out indoors or outdoors. In addition to daily preparation to leave the house, precipitation forecasting is crucial for many areas such as aviation, navigation, agriculture, industry, commerce, and tourism.

In Portugal, the Portuguese Institute for the Sea and the Atmosphere (IPMA), an official public organization, analyses and forecasts weather conditions for long periods of up to 10 days, but with a high degree of uncertainty. Therefore, the objective of the project is to achieve a high accuracy rate in identifying precipitation patterns, making the algorithm reliable in real-world contexts.

To accomplish this goal, IPMA has implemented radars to capture images of the weather conditions, which will be used to predict precipitation in Leiria. This project will test artificial intelligence techniques using deep learning and artificial neural networks, specifically convolutional neural networks (CNNs).

**Keywords:** Deep Learning, CNN, Meteorology, IPMA, Artificial Neural Networks

Índice

[Agradecimentos iii](#_Toc138430243)

[Resumo iv](#_Toc138430244)

[Abstract v](#_Toc138430245)

[Lista de Figuras vii](#_Toc138430246)

[Lista de tabelas viii](#_Toc138430247)

[Lista de siglas e acrónimos ix](#_Toc138430248)

[1. Introdução 1](#_Toc138430249)

[2. Descrição do processo 2](#_Toc138430250)

[2.1. Dataset utilizado 2](#_Toc138430251)

[2.2. Título da secção 7](#_Toc138430252)

[2.3. Título da secção 7](#_Toc138430253)

[2.3.1. Título da subsecção 8](#_Toc138430254)

[2.3.2. Título da subsecção 8](#_Toc138430255)

[2.3.3. Título da subsecção 8](#_Toc138430256)

[2.4. Título da secção 8](#_Toc138430257)

[3. Título do capítulo 9](#_Toc138430258)

[4. Conclusões ou Conclusão 10](#_Toc138430259)

[Bibliografia ou Referências Bibliográficas 11](#_Toc138430260)

[Anexos 12](#_Toc138430261)

[Glossário 13](#_Toc138430262)

# Lista de Figuras

[Figura 1 - Código da função para deslocar a imagem para baixo 2](#_Toc138430236)

[Figura 2 - Código da função para deslocar a foto para a esquerda 3](#_Toc138430237)

[Figura 3 - Código para deslocar a imagem para a direita 3](#_Toc138430238)

[Figura 4 - Código da função para rodar a imagem 4](#_Toc138430239)

[Figura 5 - Código da função de normalização do valor de precipitação 5](#_Toc138430240)

[Figura 6 - Texto ilustrativo da figura 1. 6](file:///C:\devGit\WebMeteoPI\Outras%20Coisas\Relatório\Relatorio%20by%20Edgar%20e%20Joao.docx#_Toc138430241)

[Figura 7 - Texto ilustrativo da figura 2. 6](file:///C:\devGit\WebMeteoPI\Outras%20Coisas\Relatório\Relatorio%20by%20Edgar%20e%20Joao.docx#_Toc138430242)

# Lista de tabelas

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

[Tabela 1 – Total de dados obtidos 5](#_Toc138430216)

[Tabela 2 - Texto ilustrativo da tabela 1. 6](#_Toc138430217)

# Lista de siglas e acrónimos

|  |  |
| --- | --- |
| ESTG | Escola Superior de Tecnologia e Gestão |
|  |  |
| CNN | Convolutional Neural Network |
|  |  |
| IPMA | Instituto Português do Mar e da Atmosfera |
|  |  |
| API | Application Programming Interface |

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

A previsão do tempo é uma área que se dedica a fazer projeções sobre o futuro estado da atmosfera numa determinada localização, analisando os dados relevantes obtidos por estações meteorológicas. Essas previsões têm um impacto significativo em diversos setores económicos, como a agricultura, e também no dia-a-dia das pessoas. Emitir previsões meteorológicas precisas é uma responsabilidade crucial das autoridades meteorológicas em todo o mundo.

Neste projeto, foram utilizados dados fornecidos pelo *IPMA* para desenvolver um algoritmo capaz de realizar previsões precisas com base em imagens e valores obtidos anteriormente. Para esse fim, foi desenvolvida uma *Rede Neural Convolucional* (*CNN*) capaz de identificar o nível de precipitação em milímetros por hora para as próximas uma, duas e três horas, com base na imagem atual do radar.

Caso o projeto seja bem-sucedido, será possível fornecer previsões meteorológicas de curto prazo, auxiliando até mesmo nas decisões mais cotidianas, como a escolha do meio de transporte adequado ou das roupas a serem utilizadas.

Falta continuar --------------------------------------------------------------------

# Enquadramento teórico

## Deep Learning

Deep Learning é uma técnica poderosa no campo da *inteligência artificial* (*IA*) que visa replicar o funcionamento do cérebro humano. Para explicar o Deep Learning de forma simples, envolve a construção de *redes neurais* com três ou mais camadas (Figura 1). Essas *redes neurais* são projetadas para analisar grandes quantidades de dados e “aprender” com eles.

A picture containing diagram, line, circle, screenshot

Description automatically generated

Figura – Rede neural com quatro camadas.

O objetivo principal do Deep Learning é permitir que as máquinas façam previsões precisas e realizem tarefas sem a intervenção humana. Ao imitar o comportamento do cérebro humano, os algoritmos de Deep Learning podem processar e interpretar padrões e características complexas nos dados, permitindo-lhes identificar e classificar informações com uma precisão cada vez maior.

A implementação da tecnologia de Deep Learning tem levado a avanços significativos em várias aplicações e serviços. Produtos e serviços do dia a dia, como assistentes virtuais, comandos de TV por voz e sistemas de deteção de fraude em cartões de crédito, dependem de algoritmos de Deep Learning. Além disso, tecnologias emergentes, como carros autômatos, utilizam amplamente o Deep Learning para a sua operação.

Ao aproveitar o potencial do Deep Learning, as máquinas se tornam capazes de realizar tarefas analíticas e físicas que anteriormente exigiam intervenção humana. Esta tecnologia revoluciona a automação, abrindo o caminho para sistemas mais inteligentes e eficientes em diferentes setores.

### Como funciona

As redes neurais em *Deep Learning*, também conhecidas por *Artificial Neural Network*, tenta imitar o cérebro humano através de uma combinação de entradas de dados, pesos e *bias*. Estes elementos trabalham juntos para reconhecer, classificar e descrever objetos com precisão dentro dos dados.

A rede neural consiste em ter várias camadas de nós interconectados, em que cada camada é construída com base na anterior, visando refinar e otimizar as previsões ou categorizações. Esta progressão de cálculos realizada pela rede é chamada de propagação direta. As camadas de entrada é onde o modelo de aprendizagem recebe os dados para o processamento, enquanto a camada de saída é responsável pela previsão ou classificação final.

Existe um outro processo denominado de propagação reversa que utiliza algoritmos, como a descida do gradiente, para calcular os erros nas previsões e, em seguida, ajustar os pesos e bias da função, recuando pelas camadas na tentativa de treinar o modelo. A propagação direta e a propagação reversa permitem que uma rede neural realize previsões e corrija quaisquer erros de forma adequada. Com o tempo, o algoritmo se torna gradualmente mais preciso.

O que foi descrito acima representa o tipo mais simples de uma rede neural em *Deep Learning*, explicado de forma mais simplificada. No entanto, os algoritmos de redes neurais são extremamente complexos, e existem diferentes tipos de redes neurais para solucionar problemas ou conjuntos de dados específicos. Como por exemplo:

* Redes neurais convolucionais (*CNNs*): Utilizadas principalmente em aplicações de visão computacional e classificação de imagens, conseguem identificar características e padrões numa imagem, permitindo fazer a deteção ou reconhecimento de objetos.
* Redes neurais recorrentes (*RNNs*): São frequentemente aplicadas em aplicações de processamento de linguagem natural e reconhecimento da fala, pois são capazes de lidar com dados sequenciais ou de séries temporais.

### Aplicações

As aplicações em *Deep Learning* estão presentes no nosso quotidiano, embora, na maioria dos casos, estão tão bem integradas nos produtos e serviços que os utilizadores não têm conhecimento do complexo processamento de dados que ocorre.

Alguns exemplos destas aplicações são:

* Aplicação na área de segurança pública:

Os algoritmos *Deep Learning* podem analisar e aprender com dados transacionais para identificar padrões perigosos que indiquem possíveis atividades fraudulentas ou criminosas. Aplicações de reconhecimento de voz, visão computacional e outras áreas do *Deep Learning* podem melhorar a eficiência e eficácia da análise investigativa, extraindo padrões e evidências de gravações de som e vídeo, imagens e documentos. Isto ajuda as forças de segurança a analisar grandes quantidades de dados de forma mais rápida e precisa.

* Aplicação na área de serviços financeiros:

As instituições financeiras utilizam regularmente análises preditivas para impulsionar a negociação algorítmica de ações, avaliar riscos empresariais para a aprovação de empréstimos, detetar fraudes e auxiliar na gestão do crédito e carteiras de investimento para os clientes.

* Aplicação na área de atendimento ao cliente:

Muitas organizações incorporam tecnologia com *Deep Learning* nos seus processos de atendimento ao cliente. Os *chatbots*, amplamente utilizados em várias aplicações, serviços e portais de atendimento ao cliente, são uma forma simples de inteligência artificial. Os *chatbots* tradicionais usam linguagem normal e, até mesmo, reconhecimento visual, geralmente encontrados em menus de centrais de atendimento.

No entanto, soluções de *chatbot* mais sofisticadas tentam determinar, se existem múltiplas respostas para perguntas indeterminadas. Com base nas respostas recebidas, o *chatbot* tenta responder a essas perguntas diretamente ou encaminhar a conversa para um utilizador humano.

Assistentes virtuais, como a *Siri* da *Apple*, *Alexa* da *Amazon* ou o *Google* *Assistant*, ampliam a ideia de um *chatbot*, permitindo a funcionalidade de reconhecimento de voz. Isto cria um novo método para envolver utilizadores de forma personalizada.

* Aplicação na área da saúde:

A indústria da saúde tem se beneficiado imensamente das capacidades do Deep Learning desde a digitalização dos registos e imagens hospitalares. Aplicações de reconhecimento de imagens podem apoiar especialistas em imagiologia médica e radiologistas, ajudando-os a analisar e avaliar mais imagens em menos tempo.

Estas são apenas algumas das aplicações reais que usam Deep Learning que estão a transformar diferentes setores da sociedade, melhorando a eficiência, precisão e qualidade dos serviços prestados. Com o avanço contínuo da tecnologia, espera-se que o campo do Deep Learning continue a evoluir e a encontrar novas formas de melhorar a nossa vida diária.

# Descrição do processo

## Dataset utilizado

Para o desenvolvimento deste projeto, foi necessário criar um conjunto de dados próprio, devido às restrições de disponibilidade de dados. As imagens utilizadas foram obtidas a partir dos radares de precipitação da empresa *IPMA* (*Instituto Português do Mar e da Atmosfera*), sendo disponibilizadas apenas imagens com duração de cerca de um mês no máximo. Já os dados sobre os valores de precipitação das respetivas estações que o *IPMA* dispõe são fornecidos em 3 horas antecedentes ao horário mais recente disponível. Por exemplo, se for feito um pedido à *API* às 14:00h, serão obtidos os dados das 11:00h, 12:00h e 13:00h de todas as estações.

Dado estas restrições do IPMA, decidimos aplicar técnicas de aumento de dados (*Data* *Augmentation)* para aumentar a quantidade de imagens disponíveis. Foram realizadas 7 alterações em cada uma das imagens originais, com o objetivo de contornar a falta de dados.

Essas alterações foram as seguintes:

1. Deslocamento da imagem em 20 *pixels* para baixo, copiando a “linha” superior da imagem para as 20 novas linhas criadas;

A picture containing text, screenshot, font

Description automatically generated

Figura - Código da função para deslocar a imagem para baixo

1. Deslocamento da imagem em 20 *pixels* para a direita, copiando a “linha” da esquerda da imagem para as 20 novas colunas criadas;

A picture containing text, screenshot, font

Description automatically generated

Figura - Código da função para deslocar a foto para a esquerda

1. Deslocamento da imagem em 20 *pixels* para a esquerda, copiando a “linha” da direita da imagem para as 20 novas colunas criadas;

A picture containing text, screenshot, font

Description automatically generated

Figura - Código para deslocar a imagem para a direita

1. Rotação da imagem original em 1 grau;

A picture containing text, screenshot, font, software

Description automatically generated

Figura - Código da função para rodar a imagem

1. Rotação da imagem gerada pelo primeiro método (deslocamento para baixo) em 1 grau;
2. Rotação da imagem gerada pelo segundo método (deslocamento para a direita) em 1 grau.
3. Rotação da imagem gerada pelo terceiro método (deslocamento para a esquerda) em 1 grau.

Estas técnicas de aumento de dados permitem criar variações das imagens originais, ampliando o conjunto de dados disponível para o treino do modelo. Com uma maior diversidade de imagens, espera-se que o modelo seja capaz de aprender padrões mais abrangentes e generalizáveis relacionados à precipitação.

Apesar de todos os métodos empregues, não foi possível obter imagens de chuva intensa devido ao estado meteorológico predominante em Portugal Continental ter sido, maioritariamente, ameno.

Já para os valores de precipitação, com o objetivo de obter um treino mais estável e preciso, optou-se por normalizar o valor da precipitação com base no maior valor já registado em Portugal pelo IPMA, que foi de 220 em Penhas da Saúde no dia catorze de janeiro de mil novecentos e setenta e sete. Ainda assim, decidiu-se aumentar esse valor para proporcionar uma margem de segurança para possíveis valores extremos que possam ocorrer.

A fórmula utilizada para essa normalização foi a seguinte:

Como a medida preventiva, optou-se por arredondar o valor obtido. Além disso, caso o valor fosse negativo, substituía-se por zero. Essa medida foi implementada devido a alguns pedidos que continham o valor de “-99.0”, possivelmente decorrente de erros no lado do IPMA.



Figura - Código da função de normalização do valor de precipitação

Sendo assim, os valores finais obtidos foram os seguintes:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Valor normalizado 0 | Valor normalizado 1 | Valor normalizado 2 | Valor normalizado 3 | Valor normalizado 5 |
| 21592 | 408 | 168 | 16 | 8 |

Tabela – Total de dados obtidos

Estas imagens foram utilizadas tanto para o treino quanto para os treinos do modelo construído.

-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

De seguida, apresenta-se um exemplo de como as imagens devem ser colocadas no texto:

* Centradas;
* Numeradas;
* Referenciadas no texto;
* Sem contornos;
* Eventualmente, colocar a(s) figura(s) numa tabela para melhorar a formatação;
* Usar sempre o estilo “caption” para o texto das legendas;
* Identificação da figura em “negrito” (o estilo trata desta parte). Texto da legenda não deve estar em negrito.

|  |
| --- |
| Figura - Texto ilustrativo da figura 1. |

De seguida apresenta-se a figura 2.

|  |
| --- |
| Figura - Texto ilustrativo da figura 2. |

Cuidados com a inserção de tabelas:

* Centradas;
* Numeradas;
* Referenciadas no texto;
* Usar sempre o estilo “caption” para o texto das legendas;
* Identificação da tabela em “negrito” (o estilo trata desta parte). Texto da legenda não deve estar em negrito.

Tabela - Texto ilustrativo da tabela 1.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Continuação do texto do desenvolvimento.

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

## Título da secção

A figurar no caso de o capítulo ter várias secções. Nota: apenas devemos criar secções e subsecções quando existem mais do que uma.

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

## Título da secção

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

### Título da subsecção

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

### Título da subsecção

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

### Título da subsecção

Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento. Texto do desenvolvimento.

## Título da secção

# Título do capítulo

# Conclusões ou 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

[1] Xiao, Haixia & Zhang, Feng & Shen, Zhongping & Wu, Kun & Zhang, Jinglin. (2021). Classification of Weather Phenomenon From Images by Using Deep Convolutional Neural Network. Earth and Space Science. 8. 10.1029/2020EA001604.

# Anexos

Elemento a figurar, **quando aplicável**.

# Glossário

Elemento a figurar, **quando aplicável**.