



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

## **AtalaIA: Compressão de modelos de detecção de velocidade de veículos**

Trabalho de Conclusão de Curso

Luan Fabrício de Carvalho Lima Leite



São Cristóvão – Sergipe

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

Luan Fabrício de Carvalho Lima Leite

## **AtalaIA: Compressão de modelos de detecção de velocidade de veículos**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Computação da Universidade Federal de Sergipe como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador(a): Leonardo Nogueira Matos  
Coorientador(a): Rafael Andrade da Silva

São Cristóvão – Sergipe

2024

*Este trabalho é dedicado às crianças adultas que,  
quando pequenas, sonharam em se tornar cientistas.*

# Agradecimentos

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

*Este trabalho, além de cultural, filosófico e pedagógico  
É também medicinal, preventivo e curativo  
Servindo entre outras coisas para pano branco e pano preto  
Curuba e ferida braba  
Piolho, chulé e caspa  
Cravo, espinha e berruga  
Pandarismo e água na pleura  
Só não cura o velho chifre  
Por que não mata a raiz  
Pois fica ela encravada  
No fundo do coração  
(Falcão)*

# Resumo

Segundo a [ABNT \(2003, 3.1-3.2\)](#), o resumo deve ressaltar o objetivo, o método, os resultados e as conclusões do documento. A ordem e a extensão destes itens dependem do tipo de resumo (informativo ou indicativo) e do tratamento que cada item recebe no documento original. O resumo deve ser precedido da referência do documento, com exceção do resumo inserido no próprio documento. ( . . . ) As palavras-chave devem figurar logo abaixo do resumo, antecedidas da expressão Palavras-chave:, separadas entre si por ponto e finalizadas também por ponto.

**Palavras-chave:** latex. abntex. editoração de texto.

# Abstract

This is the english abstract.

**Keywords:** latex. abntex. text editoration.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Exemplo de uma ANN . . . . .	18
Figura 2 – Exemplo de um neurônio artificial . . . . .	19
Figura 3 – Arquitetura da LeNet . . . . .	19
Figura 4 – A delimitação do espaço . . . . .	24
Figura 5 – Gráfico produzido em Excel e salvo como PDF . . . . .	24
Figura 6 – Imagem 1 da minipage . . . . .	24
Figura 7 – Grafico 2 da minipage . . . . .	24



# Lista de quadros

Quadro 1 – Exemplo de quadro . . . . .	33
--	----

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Níveis de investigação . . . . .	23
Tabela 2 – Um Exemplo de tabela alinhada que pode ser longa ou curta, conforme padrão IBGE. . . . .	23
Tabela 3 – Tabela de conversão de acentuação. . . . .	31
Tabela 4 – Acurácia dos modelos . . . . .	35

# Lista de códigos

Código 1 – Código PHP . . . . .	36
Código 2 – Código python . . . . .	37
Código 3 – Codigo Java . . . . .	37
Código 4 – Criação do modelo Professor . . . . .	43
Código 5 – Criação do modelo Aluno . . . . .	44

# Lista de algoritmos

Algoritmo 1 – Algoritmo exemplo . . . . .	38
---	----

# Lista de abreviaturas e siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
abnTeX	ABsurdas Normas para TeX
DCOMP	Departamento de Computação
UFS	Universidade Federal de Sergipe
ANN	Rede Neural Artificial ou <i>Artificial Neural network</i>
CNN	Rede Neural Convolucional ou <i>Convolutional Neural Network</i>

# Lista de símbolos

$\alpha$	Letra grega alfa
$\Gamma$	Letra grega Gama
$\Lambda$	Lambda
$\zeta$	Letra grega minúscula zeta
$\in$	Pertence

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>17</b>
1.1	Motivação	17
1.2	Objetivo principal	17
1.3	Metodologia	17
1.4	Estrutura do documento	17
<b>2</b>	<b>Conceitos básicos</b>	<b>18</b>
	<i>Isto é uma sinopse de capítulo. A ABNT não traz nenhuma normatização a respeito desse tipo de resumo, que é mais comum em romances e livros técnicos.</i>	
2.1	Redes Neurais Artificiais	18
2.2	Redes Neurais Convolucionais	19
2.2.1	Camada de Convolução	20
2.2.2	Camada de <i>pooling</i>	20
2.2.3	Camada totalmente conectada	20
2.3	Transferência de conhecimento	20
2.4	Métodos de compressão para Redes Neurais	20
2.4.1	<i>Pruning</i> (Poda)	21
2.4.2	Quantização	21
2.4.3	Destilamento de conhecimento (Professor-Aluno)	21
2.5	Otimização Bayesiana	21
2.6	Citações diretas	21
2.7	Notas de rodapé	22
2.8	Tabelas	22
2.9	Figuras	22
2.9.1	Figuras em <i>minipages</i>	24
2.10	Expressões matemáticas	25
2.11	Enumerações: alíneas e subalíneas	25
2.12	Espaçamento entre parágrafos e linhas	26
2.13	Inclusão de outros arquivos	27
2.14	Compilar o documento $\text{\LaTeX}$	27
2.15	Remissões internas	28
2.16	Divisões do documento: seção	28
2.16.1	Divisões do documento: subseção	28
2.16.1.1	Divisões do documento: subsubseção	28
2.16.1.2	Divisões do documento: subsubseção	28

2.16.2	Divisões do documento: subseção . . . . .	28
2.16.2.1	Divisões do documento: subsubseção . . . . .	29
2.16.2.1.1	Esta é uma subseção de quinto nível . . . . .	29
2.16.2.1.2	Esta é outra subseção de quinto nível . . . . .	29
2.16.2.1.3	Este é um parágrafo numerado . . . . .	29
2.16.2.1.4	Esta é outro parágrafo numerado . . . . .	29
2.17	Este é um exemplo de nome de seção longo. Ele deve estar alinhado à esquerda e a segunda e demais linhas devem iniciar logo abaixo da primeira palavra da primeira linha . . . . .	29
2.18	Diferentes idiomas e hifenizações . . . . .	29
2.19	Consulte o manual da classe <code>abntex2</code> . . . . .	31
2.20	Referências bibliográficas . . . . .	31
2.20.1	Acentuação de referências bibliográficas . . . . .	31
2.21	Precisa de ajuda? . . . . .	32
2.22	Você pode ajudar? . . . . .	32
2.23	Quer customizar os modelos do <code>abnTeX2</code> para sua instituição ou universidade? . . . . .	32
<b>3</b>	<b>Conteúdos específicos do modelo de trabalho acadêmico . . . . .</b>	<b>33</b>
3.1	Quadros . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Resultados preliminares . . . . .</b>	<b>34</b>
4.1	Destilamento de conhecimento (modelo Professor-Aluno) . . . . .	34
4.2	<i>Prunning</i> e Quantização . . . . .	35
<b>5</b>	<b>Customização DCOMP . . . . .</b>	<b>36</b>
5.1	Lista de códigos . . . . .	36
5.2	Lista de Algoritmos . . . . .	36
<b>6</b>	<b>Conclusão . . . . .</b>	<b>39</b>
	<b>Referências . . . . .</b>	<b>40</b>
	<b>Apêndices . . . . .</b>	<b>42</b>
	<b>APÊNDICE A Modelo Professor . . . . .</b>	<b>43</b>
	<b>APÊNDICE B Modelo Aluno . . . . .</b>	<b>44</b>



<b>Anexos</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO A Morbi ultrices rutrum lorem. . . . .</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO B Cras non urna sed feugiat cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes nascetur ridiculus mus . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>ANEXO C Fusce facilisis lacinia dui . . . . .</b>	<b>48</b>

# 1

## Introdução

### 1.1 Motivação

O uso de Redes Neurais Artificiais vem crescendo bastante no ramo de computação visual, principalmente desde 2012, quando Redes Neurais Convolucionais começaram a ser utilizadas para classificação de imagens ([KRIZHEVSKY; SUTSKEVER; HINTON, 2012](#)). Entretanto

### 1.2 Objetivo principal

O objetivo principal do projeto é comprimir uma Rede Neural que calcula a velocidade de veículos. Para fazer isso será necessário utilizar uma série de métodos e técnicas de compressão, como destilamento de conhecimento, poda e quantização de Redes Neurais.

### 1.3 Metodologia

### 1.4 Estrutura do documento

# 2

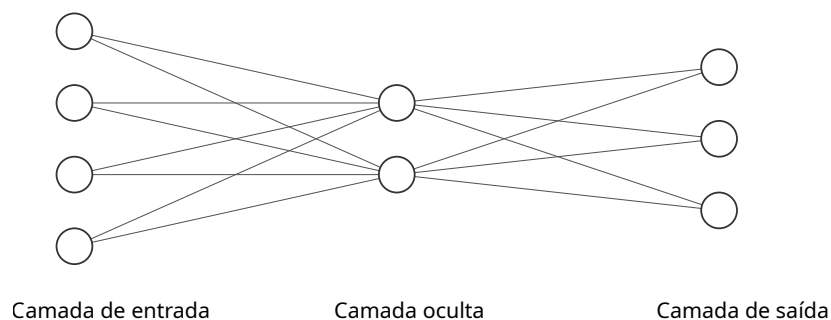
## Conceitos básicos

*Isto é uma sinopse de capítulo. A ABNT não traz nenhuma normatização a respeito desse tipo de resumo, que é mais comum em romances e livros técnicos.*

### 2.1 Redes Neurais Artificiais

Redes Neurais Artificiais (ANNs), são neurônios interconectados que realizam um processamento simples. Dentro dessa estrutura cada neurônio reforça ou enfraquece a conexão com um dos neurônio da coluna anterior, assim replicando o processo de aprendizagem do cérebro humano. A [Figura 1](#) exemplifica uma ANN bem simples.

Figura 1 – Exemplo de uma ANN



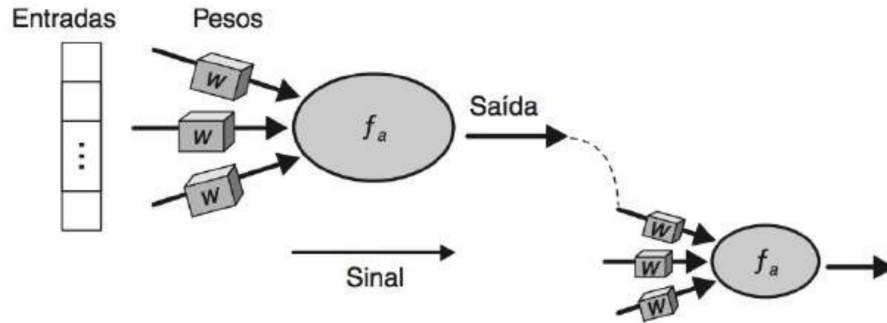
Fonte: Autor

O neurônio é uma parte fundamental de uma ANN, nele que o aprendizado é armazenado através do reforço de conexões com outros neurônio. Esse reforço é o peso da conexão, ele é multiplicado pela entrada e somado com os outros valores, como é demonstrado na equação [2.1](#) (onde  $x$  é um vetor com os valores de entrada do neurônio e  $w$  é um vetor com os pesos de cada entrada). Depois disso os valores passam por uma função de ativação  $g(x)$  ([2.2](#)), que é responsável por "tratar" esses dados de saída antes que eles sejam passados para próxima etapa.

$$u = \sum x_i w_i \quad (2.1)$$

$$y = g(u + b) \quad (2.2)$$

Figura 2 – Exemplo de um neurônio artificial



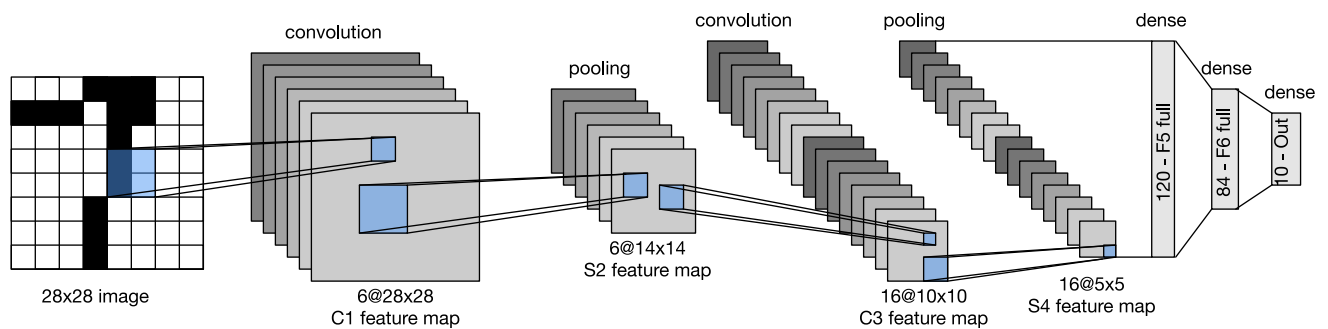
Fonte: (FACELI et al., 2011)

## 2.2 Redes Neurais Convolucionais

Redes Neurais Convolucionais (CNNs) são Redes Neurais Artificiais (ANN) que utilizam a operação de convolução para o processamento e análise de dados no formato de *grid* (grade). Por exemplo, uma série temporal que pode ser representada no formato de *grid* 1-D, ou uma imagem, que pode ser representada no formato 2-D. (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016) Onde, LeNet (LECUN et al., 1995), Residual Network (ResNet) (HE et al., 2016) e AlexNet (KRIZHEVSKY; SUTSKEVER; HINTON, 2012) são alguns exemplos de CNNs famosas.

A arquitetura de uma CNN é composta por camadas convolucionais (2.2.1), *pooling* (2.2.2) e totalmente conectadas (2.2.3), como podemos ver na Figura 3.

Figura 3 – Arquitetura da LeNet



Fonte: (ZHANG et al., 2023)

### 2.2.1 Camada de Convolução

Nessa camada são aplicados filtros (matriz de pesos) nos dados de entrada, onde esses filtros deslizam cada célula da imagem executando operações de multiplicação e soma em cada elemento da matriz de entrada, com o objetivo de gerar um mapa de características (*feature map*). O objetivo desses filtros é realçar as características dos dados de entrada, como curvas, linhas e outros padrões.

### 2.2.2 Camada de *pooling*

A abordagem da camada de *pooling* é um pouco parecida com a camada de convolução, uma matriz desliza pelas células da imagem, salvando apenas o maior valor dessa área na matriz de saída. A partir disso, a camada consegue reduzir o tamanho da matriz de entrada, fazendo com que o poder computacional necessário seja reduzido, junto com o uso de memória. (TODO: Adicionar figuras, referências e detalhar mais)

### 2.2.3 Camada totalmente conectada

A camada totalmente conectada (*fully connected layer*) é a camada final de uma CNN. Depois das camadas anteriores extraírem as características da imagem, a camada totalmente conectada as interpreta e gerar uma resposta. (TODO: Revisar texto)

## 2.3 Transferência de conhecimento

Transferência de conhecimento consiste em usar um modelo pré-treinado em uma base de dados específica e aproveitar o conhecimento adquirido durante esse treinamento para um novo conjunto de dados. É necessário que o problema do *dataset* (conjunto de dados) atual seja um subconjunto do *dataset* que foi usado para treinar o modelo base.

Para realizar a transferência de conhecimento é necessário adaptar a camada de entrada e de saída (totalmente conectada) do modelo base, para que ocorra um pré-processamento dos dados de entrada (antes deles serem passados para o modelo base), além disso é necessário definir e treinar a camada totalmente conectada com o *dataset* do problema.

## 2.4 Métodos de compressão para Redes Neurais

ANNs são utilizadas em várias aplicações, demonstrando habilidades extraordinárias no campo de visão computacional. No entanto, redes com arquiteturas complexas são um desafio para a implantação em tempo real e necessitam de uma grande quantidade de energia e poder computacional (LIANG et al., 2021). Por causa disso foram desenvolvidos métodos para reduzir

o tamanho dessas redes, as tornando mais eficiente. Nesse trabalho os métodos de poda (2.4.1), quantização (2.4.2) e destilamento do conhecimento (2.4.3) serão usados.

### 2.4.1 *Pruning*(Poda)

A poda de redes neurais tem como objetivo principal remover pesos ou neurônios que são redundantes ou irrelevantes para o problema, além disso reduz o *overfitting*(superajuste). (TODO: escrever sobre poda de redes neurais)

### 2.4.2 Quantização

Quantização reduz a computação diminuindo a precisão dos tipos de dados. Pesos, *bias* (vieses) e ativações geralmente devem ser quantizadas para inteiros de 8 bit, embora implementações menores que 8 bit sejam discutidas incluindo redes neurais binárias. (LIANG et al., 2021)

### 2.4.3 Destilamento de conhecimento (Professor-Aluno)

Destilamento de conhecimento ou *knowledge distillation* (HINTON; VINYALS; DEAN, 2015), é uma técnica que tem como objetivo treinar um modelo Aluno (menor e sem pré-treinamento) com um modelo Professor (maior e com pré-treinamento). Ela é amplamente utilizada para as áreas de visão computacional e linguagem natural, e tem como objetivo reduzir o tamanho do modelo final (Aluno).

Para transferir o conhecimento do modelo Professor para o Aluno, a técnica utiliza os *logits* (entrada da função de ativação final *softmax*) no lugar da classe prevista. Além disso, são utilizado os *soft targets* (probabilidades das classes previstas pelo modelo Professor) junto com os *hard targets* (classe esperada). Então, o Aluno é treinado com uma porcentagem  $\alpha$  do erro com o *hard target* e  $\alpha - 1$  do erro com *soft target*, assim é calculado o erro do aluno.

## 2.5 Otimização Bayesiana

## 2.6 Citações diretas

Utilize o ambiente `ci tacao` para incluir citações diretas com mais de três linhas:

As citações diretas, no texto, com mais de três linhas, devem ser destacadas com recuo de 4 cm da margem esquerda, com letra menor que a do texto utilizado e sem as aspas. No caso de documentos datilografados, deve-se observar apenas o recuo (ABNT, 2002, 5.3).

Use o ambiente assim:

```
\begin{citacao}
As citações diretas, no texto, com mais de três linhas [...]
deve-se observar apenas o recuo \cite[5.3]{NBR10520:2002}.
\end{citacao}
```

O ambiente `citacao` pode receber como parâmetro opcional um nome de idioma previamente carregado nas opções da classe (seção 2.18). Nesse caso, o texto da citação é automaticamente escrito em itálico e a hifenização é ajustada para o idioma selecionado na opção do ambiente. Por exemplo:

```
\begin{citacao}[english]
Text in English language in italic with correct hyphenation.
\end{citacao}
```

Tem como resultado:

*Text in English language in italic with correct hyphenation.*

Citações simples, com até três linhas, devem ser incluídas com aspas. Observe que em  $\text{\LaTeX}$  as aspas iniciais são diferentes das finais: “Amor é fogo que arde sem se ver”.

## 2.7 Notas de rodapé

As notas de rodapé são detalhadas pela NBR 14724:2011 na seção 5.2.1<sup>1,2,3</sup>.

## 2.8 Tabelas

A [Tabela 1](#) é um exemplo de tabela construída em  $\text{\LaTeX}$ .

Já a [Tabela 2](#) apresenta uma tabela criada conforme o padrão do IBGE (1993) requerido pelas normas da ABNT para documentos técnicos e acadêmicos.

## 2.9 Figuras

Figuras podem ser criadas diretamente em  $\text{\LaTeX}$ , como o exemplo da [Figura 4](#).

- <sup>1</sup> As notas devem ser digitadas ou datilografadas dentro das margens, ficando separadas do texto por um espaço simples de entre as linhas e por filete de 5 cm, a partir da margem esquerda. Devem ser alinhadas, a partir da segunda linha da mesma nota, abaixo da primeira letra da primeira palavra, de forma a destacar o expoente, sem espaço entre elas e com fonte menor [ABNT \(2011, 5.2.1\)](#).
- <sup>2</sup> Caso uma série de notas sejam criadas sequencialmente, o  $\text{abnTeX2}$  instrui o  $\text{\LaTeX}$  para que uma vírgula seja colocada após cada número do expoente que indica a nota de rodapé no corpo do texto.
- <sup>3</sup> Verifique se os números do expoente possuem uma vírgula para dividi-los no corpo do texto.

Tabela 1 – Níveis de investigação.

Nível de Investiga- ção	Insumos	Sistemas de In- vestigação	Produtos
Meta-nível	Filosofia da Ciência	Epistemologia	Paradigma
Nível do objeto	Paradigmas do metanível e evidências do nível inferior	Ciência	Teorias e modelos
Nível inferior	Modelos e métodos do nível do objeto e problemas do nível inferior	Prática	Solução de problemas

Fonte: [van Gigch e Pipino \(1986\)](#)

Tabela 2 – Um Exemplo de tabela alinhada que pode ser longa ou curta, conforme padrão IBGE.

Nome	Nascimento	Documento
Maria da Silva	11/11/1111	111.111.111-11
João Souza	11/11/2111	211.111.111-11
Laura Vicuña	05/04/1891	3111.111.111-11

Fonte: Produzido pelos autores.

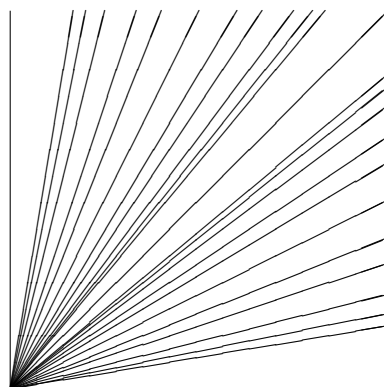
Nota: Esta é uma nota, que diz que os dados são baseados na regressão linear.

Anotações: Uma anotação adicional, que pode ser seguida de várias outras.

Ou então figuras podem ser incorporadas de arquivos externos, como é o caso da [Figura 5](#). Se a figura que for incluída se tratar de um diagrama, um gráfico ou uma ilustração que você mesmo produza, priorize o uso de imagens vetoriais no formato PDF. Com isso, o tamanho do arquivo final do trabalho será menor, e as imagens terão uma apresentação melhor, principalmente quando impressas, uma vez que imagens vetoriais são perfeitamente escaláveis para qualquer dimensão. Nesse caso, se for utilizar o Microsoft Excel para produzir gráficos, ou o Microsoft Word para produzir ilustrações, exporte-os como PDF e os incorpore ao documento conforme o exemplo abaixo. No entanto, para manter a coerência no uso de software livre (já que você está usando  $\text{\LaTeX}$  e  $\text{\abnTeX}$ ), teste a ferramenta Inkscape (<http://inkscape.org/>). Ela é uma excelente opção de código-livre para produzir ilustrações vetoriais, similar ao CorelDraw ou ao Adobe Illustrator. De todo modo, caso não seja possível utilizar arquivos de imagens como PDF, utilize qualquer outro formato, como JPEG, GIF, BMP, etc. Nesse caso, você pode tentar aprimorar as imagens incorporadas com o software livre Gimp (<http://www.gimp.org/>). Ele é uma alternativa livre ao Adobe Photoshop.



Figura 4 – A delimitação do espaço



Fonte: os autores

Figura 5 – Gráfico produzido em Excel e salvo como PDF



Fonte: [Araujo \(2012, p. 24\)](#)

### 2.9.1 Figuras em *minipages*

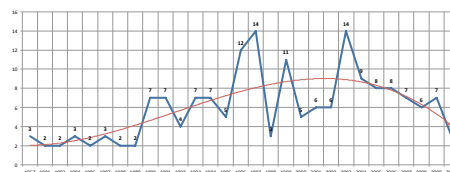
*Minipages* são usadas para inserir textos ou outros elementos em quadros com tamanhos e posições controladas. Veja o exemplo da [Figura 6](#) e da [Figura 7](#).

Figura 6 – Imagem 1 da minipage



Fonte: Produzido pelos autores

Figura 7 – Gráfico 2 da minipage



Fonte: [Araujo \(2012, p. 24\)](#)

Observe que, segundo a [ABNT \(2011, seções 4.2.1.10 e 5.8\)](#), as ilustrações devem sempre ter numeração contínua e única em todo o documento:

Qualquer que seja o tipo de ilustração, sua identificação aparece na parte superior, precedida da palavra designativa (desenho, esquema, fluxograma, fotografia, gráfico, mapa, organograma, planta, quadro, retrato, figura, imagem, entre outros), seguida de seu número de ordem de ocorrência no texto, em algarismos arábicos, travessão e do respectivo título. Após a ilustração, na parte inferior, indicar a fonte consultada (elemento obrigatório, mesmo que seja produção do próprio autor), legenda, notas e outras informações necessárias à sua compreensão (se houver). A ilustração deve ser citada no texto e inserida o mais próximo possível do trecho a que se refere. ([ABNT, 2011, seções 5.8](#))

## 2.10 Expressões matemáticas

Use o ambiente `equation` para escrever expressões matemáticas numeradas:

$$\forall x \in X, \quad \exists y \leq \epsilon \quad (2.3)$$

Escreva expressões matemáticas entre `$` e `$`, como em  $\lim_{x \rightarrow \infty} \exp(-x) = 0$ , para que fiquem na mesma linha.

Também é possível usar colchetes para indicar o início de uma expressão matemática que não é numerada.

$$\left| \sum_{i=1}^n a_i b_i \right| \leq \left( \sum_{i=1}^n a_i^2 \right)^{1/2} \left( \sum_{i=1}^n b_i^2 \right)^{1/2}$$

Consulte mais informações sobre expressões matemáticas em <https://github.com/abntex/abntex2/wiki/Referencias>.

## 2.11 Enumerações: alíneas e subalíneas

Quando for necessário enumerar os diversos assuntos de uma seção que não possua título, esta deve ser subdividida em alíneas (ABNT, 2012, 4.2):

- a) os diversos assuntos que não possuam título próprio, dentro de uma mesma seção, devem ser subdivididos em alíneas;
- b) o texto que antecede as alíneas termina em dois pontos;
- c) as alíneas devem ser indicadas alfabeticamente, em letra minúscula, seguida de parêntese. Utilizam-se letras dobradas, quando esgotadas as letras do alfabeto;
- d) as letras indicativas das alíneas devem apresentar recuo em relação à margem esquerda;
- e) o texto da alínea deve começar por letra minúscula e terminar em ponto-e-vírgula, exceto a última alínea que termina em ponto final;
- f) o texto da alínea deve terminar em dois pontos, se houver subalínea;
- g) a segunda e as seguintes linhas do texto da alínea começa sob a primeira letra do texto da própria alínea;
- h) subalíneas (ABNT, 2012, 4.3) devem ser conforme as alíneas a seguir:
  - as subalíneas devem começar por travessão seguido de espaço;
  - as subalíneas devem apresentar recuo em relação à alínea;

- o texto da subalínea deve começar por letra minúscula e terminar em ponto-e-vírgula. A última subalínea deve terminar em ponto final, se não houver alínea subsequente;
  - a segunda e as seguintes linhas do texto da subalínea começam sob a primeira letra do texto da própria subalínea.
- i) no `abnTEX2` estão disponíveis os ambientes `incisos` e `subalneas`, que em suma são o mesmo que se criar outro nível de alíneas, como nos exemplos à seguir:
- *Um novo inciso em itálico;*
- j) Alínea em **negrito**:
- *Uma subalínea em itálico;*
  - *Uma subalínea em itálico e sublinhado;*
- k) Última alínea com *ênfase*.

## 2.12 Espaçamento entre parágrafos e linhas

O tamanho do parágrafo, espaço entre a margem e o início da frase do parágrafo, é definido por:

```
\setlength{\parindent}{1.3cm}
```

Por padrão, não há espaçamento no primeiro parágrafo de cada início de divisão do documento ([seção 2.16](#)). Porém, você pode definir que o primeiro parágrafo também seja indentado, como é o caso deste documento. Para isso, apenas inclua o pacote `indentfirst` no preâmbulo do documento:

```
\usepackage{indentfirst}      % Indenta o primeiro parágrafo de cada seção.
```

O espaçamento entre um parágrafo e outro pode ser controlado por meio do comando:

```
\setlength{\parskip}{0.2cm}  % tente também \onelineskip
```

O controle do espaçamento entre linhas é definido por:

```
\OnehalfSpacing      % espaçamento um e meio (padrão);
\DoubleSpacing        % espaçamento duplo
\SingleSpacing        % espaçamento simples
```

Para isso, também estão disponíveis os ambientes:

```
\begin{SingleSpace} ... \end{SingleSpace}
\begin{Spacing}{hfactori} ... \end{Spacing}
\begin{OnehalfSpace} ... \end{OnehalfSpace}
\begin{OnehalfSpace*} ... \end{OnehalfSpace*}
\begin{DoubleSpace} ... \end{DoubleSpace}
\begin{DoubleSpace*} ... \end{DoubleSpace*}
```

Para mais informações, consulte [Wilson e Madsen \(2010, p. 47-52 e 135\)](#).

## 2.13 Inclusão de outros arquivos

É uma boa prática dividir o seu documento em diversos arquivos, e não apenas escrever tudo em um único. Esse recurso foi utilizado neste documento. Para incluir diferentes arquivos em um arquivo principal, de modo que cada arquivo incluído fique em uma página diferente, utilize o comando:

```
\include{documento-a-ser-incluido} % sem a extensão .tex
```

Para incluir documentos sem quebra de páginas, utilize:

```
\input{documento-a-ser-incluido} % sem a extensão .tex
```

## 2.14 Compilar o documento L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Geralmente os editores L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, como o TeXlipse<sup>4</sup>, o Texmaker<sup>5</sup>, entre outros, compilam os documentos automaticamente, de modo que você não precisa se preocupar com isso.

No entanto, você pode compilar os documentos L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X usando os seguintes comandos, que devem ser digitados no *Prompt de Comandos* do Windows ou no *Terminal* do Mac ou do Linux:

```
pdflatex ARQUIVO_PRINCIPAL.tex
bibtex ARQUIVO_PRINCIPAL.aux
makeindex ARQUIVO_PRINCIPAL.idx
makeindex ARQUIVO_PRINCIPAL.nlo -s nomencl.ist -o ARQUIVO_PRINCIPAL.nls
pdflatex ARQUIVO_PRINCIPAL.tex
pdflatex ARQUIVO_PRINCIPAL.tex
```

<sup>4</sup> <http://texlipse.sourceforge.net/>

<sup>5</sup> <http://www.xmlmath.net/texmaker/>

## 2.15 Remissões internas

Ao nomear a [Tabela 1](#) e a [Figura 4](#), apresentamos um exemplo de remissão interna, que também pode ser feita quando indicamos o [Capítulo 2](#), que tem o nome *Conceitos básicos*. O número do capítulo indicado é [2](#), que se inicia à [página 18](#)<sup>6</sup>. Veja a [seção 2.16](#) para outros exemplos de remissões internas entre seções, subseções e subsubseções.

O código usado para produzir o texto desta seção é:

Ao nomear a `\autoref{tab-nivinv}` e a `\autoref{fig_circulo}`, apresentamos um exemplo de remissão interna, que também pode ser feita quando indicamos o `\autoref{cap_conceitos}`, que tem o nome `\emph{\nameref{cap_conceitos}}`. O número do capítulo indicado é `\ref{cap_conceitos}`, que se inicia à `\autopageref{cap_conceitos}`. O número da página de uma remissão pode ser obtida também assim:

```
\pageref{cap_conceitos}.
```

Veja a `\autoref{sec-divisoes}` para outros exemplos de remissões internas entre seções, subseções e subsubseções.

## 2.16 Divisões do documento: seção

Esta seção testa o uso de divisões de documentos. Esta é a [seção 2.16](#). Veja a [subseção 2.16.1](#).

### 2.16.1 Divisões do documento: subseção

Isto é uma subseção. Veja a [subseção 2.16.1.1](#), que é uma subsubsection do L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, mas é impressa chamada de “subseção” porque no Português não temos a palavra “subsubseção”.

#### 2.16.1.1 Divisões do documento: subsubseção

Isto é uma subsubseção.

#### 2.16.1.2 Divisões do documento: subsubseção

Isto é outra subsubseção.

### 2.16.2 Divisões do documento: subseção

Isto é uma subseção.

---

<sup>6</sup> O número da página de uma remissão pode ser obtida também assim: [18](#).

### 2.16.2.1 Divisões do documento: subsubseção

Isto é mais uma subsubseção da [subseção 2.16.2](#).

#### 2.16.2.1.1 Esta é uma subseção de quinto nível

Esta é uma seção de quinto nível. Ela é produzida com o seguinte comando:

```
\subsubsubsection{Esta é uma subseção de quinto  
nível}\label{sec-exemplo-subsubsubsection}
```

#### 2.16.2.1.2 Esta é outra subseção de quinto nível

Esta é outra seção de quinto nível.

#### 2.16.2.1.3 Este é um parágrafo numerado

Este é um exemplo de parágrafo nomeado. Ele é produzida com o comando de parágrafo:

```
\paragraph{Este é um parágrafo nomeado}\label{sec-exemplo-paragrafo}
```

A numeração entre parágrafos numerados e subsubsubseções são contínuas.

#### 2.16.2.1.4 Esta é outro parágrafo numerado

Esta é outro parágrafo nomeado.

## 2.17 Este é um exemplo de nome de seção longo. Ele deve estar alinhado à esquerda e a segunda e demais linhas devem iniciar logo abaixo da primeira palavra da primeira linha

Isso atende à norma [ABNT \(2011, seções de 5.2.2 a 5.2.4\)](#) e [ABNT \(2012, seções de 3.1 a 3.8\)](#).

## 2.18 Diferentes idiomas e hifenizações

Para usar hifenizações de diferentes idiomas, inclua nas opções do documento o nome dos idiomas que o seu texto contém. Por exemplo (para melhor visualização, as opções foram quebradas em diferentes linhas):

```
\documentclass[
12pt,
openright,
twoside,
a4paper,
english,
french,
spanish,
brazil
]{abntex2}
```

O idioma português-brasileiro (`brazil`) é incluído automaticamente pela classe `abntex2`. Porém, mesmo assim a opção `brazil` deve ser informada como a última opção da classe para que todos os pacotes reconheçam o idioma. Vale ressaltar que a última opção de idioma é a utilizada por padrão no documento. Desse modo, caso deseje escrever um texto em inglês que tenha citações em português e em francês, você deveria usar o preâmbulo como abaixo:

```
\documentclass[
12pt,
openright,
twoside,
a4paper,
french,
brazil,
english
]{abntex2}
```

A lista completa de idiomas suportados, bem como outras opções de hifenização, estão disponíveis em [Braams \(2008, p. 5-6\)](#).

Exemplo de hifenização em inglês<sup>7</sup>:

*Text in English language. This environment switches all language-related definitions, like the language specific names for figures, tables etc. to the other language. The starred version of this environment typesets the main text according to the rules of the other language, but keeps the language specific string for ancillary things like figures, in the main language of the document. The environment `hyphenrules` switches only the hyphenation patterns used; it can also be used to disallow hyphenation by using the language name ‘`nohyphenation`’.*

O idioma geral do texto por ser alterado como no exemplo seguinte:

---

<sup>7</sup> Extraído de: <http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Internationalization>

```
\selectlanguage{english}
```

Isso altera automaticamente a hifenização e todos os nomes constantes de referências do documento para o idioma inglês. Consulte o manual da classe (ARAÚJO, 2015a) para obter orientações adicionais sobre internacionalização de documentos produzidos com abnT<sub>E</sub>X2.

A seção 2.6 descreve o ambiente `citacao` que pode receber como parâmetro um idioma a ser usado na citação.

## 2.19 Consulte o manual da classe abntex2

Consulte o manual da classe `abntex2` (ARAÚJO, 2015a) para uma referência completa das macros e ambientes disponíveis.

Além disso, o manual possui informações adicionais sobre as normas ABNT observadas pelo abnT<sub>E</sub>X2 e considerações sobre eventuais requisitos específicos não atendidos, como o caso da ABNT (2011, seção 5.2.2), que especifica o espaçamento entre os capítulos e o início do texto, regra propositalmente não atendida pelo presente modelo.

## 2.20 Referências bibliográficas

A formatação das referências bibliográficas conforme as regras da ABNT são um dos principais objetivos do abnT<sub>E</sub>X2. Consulte os manuais Araujo (2015b) e Araujo (2015c) para obter informações sobre como utilizar as referências bibliográficas.

### 2.20.1 Acentuação de referências bibliográficas

Normalmente não há problemas em usar caracteres acentuados em arquivos bibliográficos (\*.bib). Porém, como as regras da ABNT fazem uso quase abusivo da conversão para letras maiúsculas, é preciso observar o modo como se escreve os nomes dos autores. Na Tabela 3 você encontra alguns exemplos das conversões mais importantes. Preste atenção especial para ‘ç’ e ‘í’ que devem estar envoltos em chaves. A regra geral é sempre usar a acentuação neste modo quando houver conversão para letras maiúsculas.

Tabela 3 – Tabela de conversão de acentuação.

acento	bibtex
à á ã	\‘a \’a \~a
í	{\’\i}
ç	{\c c}



## 2.21 Precisa de ajuda?

Consulte a FAQ com perguntas frequentes e comuns no portal do abnT<sub>E</sub>X2: <<https://github.com/abntex/abntex2/wiki/FAQ>>.

Inscreva-se no grupo de usuários L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X: <<http://groups.google.com/group/latex-br>>, tire suas dúvidas e ajude outros usuários.

Participe também do grupo de desenvolvedores do abnT<sub>E</sub>X2: <<http://groups.google.com/group/abntex2>> e faça sua contribuição à ferramenta.

## 2.22 Você pode ajudar?

Sua contribuição é muito importante! Você pode ajudar na divulgação, no desenvolvimento e de várias outras formas. Veja como contribuir com o abnT<sub>E</sub>X2 em <<https://github.com/abntex/abntex2/wiki/Como-Contribuir>>.

## 2.23 Quer customizar os modelos do abnT<sub>E</sub>X2 para sua instituição ou universidade?

Veja como customizar o abnT<sub>E</sub>X2 em: <<https://github.com/abntex/abntex2/wiki/ComoCustomizar>>.

# 3

## Conteúdos específicos do modelo de trabalho acadêmico

### 3.1 Quadros

Este modelo vem com o ambiente quadro e impressão de Lista de quadros configurados por padrão. Verifique um exemplo de utilização:

Quadro 1 – Exemplo de quadro

Pessoa	Idade	Peso	Altura
Marcos	26	68	178
Ivone	22	57	162
...	...	...	...
Sueli	40	65	153

Fonte: Autor.

Este parágrafo apresenta como referenciar o quadro no texto, requisito obrigatório da ABNT. Primeira opção, utilizando autoref: Ver o [Quadro 1](#). Segunda opção, utilizando ref: Ver o Quadro [1](#).

# 4

## Resultados preliminares

Neste capítulo serão apresentados testes feitos antes do projeto, eles tiveram a finalidade de exercitar o conteúdo estudado durante o trabalho. O objetivo principal é usar as técnicas de compressão de modelos para criar modelos menores e mais eficientes.

### 4.1 Destilamento de conhecimento (modelo Professor-Aluno)

Para fazer o experimento com destilamento de conhecimento foi utilizada da base STL-10, que possui 500 imagens para treinamento e 800 para teste, com resolução de  $96 \times 96$  e 3 canais de cor (RGB). Como o conjunto de dados não possui muitas imagens, foi aplicada a técnica de *data augmentation* (aumento de dados) para reduzir o *overfitting*.

Como já foi descrito na [subseção 2.4.3](#), o objetivo dessa etapa é utilizar o conhecimento do modelo Professor(mais robusto e pré-treinado) para treinar o modelo Aluno (mais simples e sem pré-treinamento). Onde o modelo professor ([Código 4](#)) é a ResNet-50 ([HE et al., 2016](#)) e o modelo estudante é gerado pelo [Código 5](#). Além disso o modelo Rafael ([SILVA, 2022](#)) foi adaptado e utilizado (com algumas variações).

Para aumentar a precisão do modelo Aluno com o destilamento de conhecimento, foi utilizada a otimização Bayesiana, para procurar os valores dos hiperparâmetros  $\alpha$  e *Temperature*. Os possíveis valores de  $\alpha$  foram 0.1, 0.5, 0.01 e 0.25. E os possíveis valores de *Temperature* foram 2, 5, 7, 10, 12, 15, 17 e 20. Os resultados do experimento estão na [Tabela 4](#).

Na [Tabela 4](#), a variação Rafael-1 indica que foi adicionada uma camada  $9 \times 9$  no modelo, Rafael-2 indica que foi adicionada duas camadas  $3 \times 3$  e Rafael-3 indica que foi adicionada três camadas  $3 \times 3$ .

Tabela 4 – Acurácia dos modelos.

Modelo	Com destilamento de conhecimento?	Acurácia (validação)	$\alpha$	<i>Temperature</i>
ResNet-50	Não	90.65%	-	-
Aluno	Não	76.80%	-	-
Rafael-1	Não	67.08%	-	-
Rafael-base	Não	71.38%	-	-
Rafael-2	Não	74.57%	-	-
Rafael-3	Não	71.01%	-	-
Aluno	Sim	83.79%	0.1	5
Rafael-base	Sim	74.21%	0.1	10
Rafael-1	Sim	69.70%	0.01	20
Rafael-2	Sim	79.12%	0.01	7
Rafael-3	Sim	76.55%	0.01	5

Fonte: Autor

## 4.2 *Prunning* e Quantização

# 5

## Customização DCOMP

### 5.1 Lista de códigos

Usado para criar a lista de códigos, adicionar sintaxe highlight, enumerar as linhas e colorir o fundo, para dar destaque a implementação.

Sintaxe básica:

```
\begin{codigo}[!htb]
  \caption{Espaço para o título do código}
  \label{Espaço para o label do código, para ser usado na referência}
  \begin{lstlisting}[language = Linguagem de programação a ser usada]
    <CÓDIGO>
  \end{lstlisting}
\end{codigo}
```

Código 1 – Código PHP

```
1 <?php
2
3 echo 'Olá mundo!';
4 print 'Olá mundo!';
```

### 5.2 Lista de Algoritmos

Usado para criar a lista de algoritmos ou pseudocódigos.

Sintaxe básica:

## Código 2 – Código python

```

1 import numpy as np
2
3 def incmatrix(genl1, genl2):
4     m = len(genl1)
5     n = len(genl2)
6     M = None #to become the incidence matrix
7     VT = np.zeros((n*m,1), int) #dummy variable
8
9     #compute the bitwise xor matrix
10    M1 = bitxormatrix(genl1)
11    M2 = np.triu(bitxormatrix(genl2),1)
12
13    for i in range(m-1):
14        for j in range(i+1, m):
15            [r,c] = np.where(M2 == M1[i,j])
16            for k in range(len(r)):
17                VT[(i)*n + r[k]] = 1;
18                VT[(i)*n + c[k]] = 1;
19                VT[(j)*n + r[k]] = 1;
20                VT[(j)*n + c[k]] = 1;
21
22                if M is None:
23                    M = np.copy(VT)
24                else:
25                    M = np.concatenate((M, VT), 1)
26
27                VT = np.zeros((n*m,1), int)
28
29    return M

```

## Código 3 – Codigo Java

```

1 public class Factorial{
2     public static void main(String[] args){
3         final int NUM_FACTS = 100;
4         for(int i = 0; i < NUM_FACTS; i++)
5             System.out.println( i + "! is " + factorial(i) +
6                                 factorial(i) factorial(i));
7     }
8
9     public static int factorial(int n){
10        int result = 1;
11        for(int i = 2; i <= n; i++)
12            result *= i;
13        return result;
14    }
15 }

```

```

\begin{algoritmo}[!htb]
  \caption{Espaço para o título do algoritmo ou pseudocódigo}
  \label{label do do algoritmo ou pseudocódigo, para ser usado na referência}
  <ESPAÇO RESERVADO PARA USAR SEU PACOTE FAVORITO DE CÓDIGOS>
\end{algoritmo}

```

#### Algoritmo 1 – Algoritmo exemplo

**Data:** this text  
**Result:** how to write algorithm with L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X2e

```

1 initialization;
2 while not at end of this document do
3   | read current;
4   | if understand then
5   |   | go to next section;
6   |   | current section becomes this one;
7   | else
8   |   | go back to the beginning of current section;
9   | end
10 end

```

# 6

## Conclusão

Sed consequat tellus et tortor. Ut tempor laoreet quam. Nullam id wisi a libero tristique semper. Nullam nisl massa, rutrum ut, egestas semper, mollis id, leo. Nulla ac massa eu risus blandit mattis. Mauris ut nunc. In hac habitasse platea dictumst. Aliquam eget tortor. Quisque dapibus pede in erat. Nunc enim. In dui nulla, commodo at, consectetur nec, malesuada nec, elit. Aliquam ornare tellus eu urna. Sed nec metus. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas.

Phasellus id magna. Duis malesuada interdum arcu. Integer metus. Morbi pulvinar pellentesque mi. Suspendisse sed est eu magna molestie egestas. Quisque mi lorem, pulvinar eget, egestas quis, luctus at, ante. Proin auctor vehicula purus. Fusce ac nisl aliquam ante hendrerit pellentesque. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Morbi wisi. Etiam arcu mauris, facilisis sed, eleifend non, nonummy ut, pede. Cras ut lacus tempor metus mollis placerat. Vivamus eu tortor vel metus interdum malesuada.

Sed eleifend, eros sit amet faucibus elementum, urna sapien consectetur mauris, quis egestas leo justo non risus. Morbi non felis ac libero vulputate fringilla. Mauris libero eros, lacinia non, sodales quis, dapibus porttitor, pede. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Morbi dapibus mauris condimentum nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Etiam sit amet erat. Nulla varius. Etiam tincidunt dui vitae turpis. Donec leo. Morbi vulputate convallis est. Integer aliquet. Pellentesque aliquet sodales urna.



# Referências

- ARAUJO, L. C. *Configuração: uma perspectiva de Arquitetura da Informação da Escola de Brasília*. Dissertação (Mestrado) — Universidade de Brasília, Brasília, mar. 2012. Citado na página 24.
- ARAUJO, L. C. *A classe abntex2: Modelo canônico de trabalhos acadêmicos brasileiros compatível com as normas ABNT NBR 14724:2011, ABNT NBR 6024:2012 e outras*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.abntex.net.br/>>. Citado na página 31.
- ARAUJO, L. C. *O pacote abntex2cite: Estilos bibliográficos compatíveis com a ABNT NBR 6023*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.abntex.net.br/>>. Citado na página 31.
- ARAUJO, L. C. *O pacote abntex2cite: tópicos específicos da ABNT NBR 10520:2002 e o estilo bibliográfico alfabético (sistema autor-data)*. [S.l.], 2015. Disponível em: <<http://www.abntex.net.br/>>. Citado na página 31.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10520: Informação e documentação — apresentação de citações em documentos*. Rio de Janeiro, 2002. 7 p. Citado na página 21.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6028: Resumo - apresentação*. Rio de Janeiro, 2003. 2 p. Citado na página 5.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14724: Informação e documentação — trabalhos acadêmicos — apresentação*. Rio de Janeiro, 2005. 9 p. Citado na página 40.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14724: Informação e documentação — trabalhos acadêmicos — apresentação*. Rio de Janeiro, 2011. 15 p. Substitui a Ref. ABNT (2005). Citado 4 vezes nas páginas 22, 24, 29 e 31.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6024: Numeração progressiva das seções de um documento*. Rio de Janeiro, 2012. 4 p. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 29.
- BRAAMS, J. *Babel, a multilingual package for use with LATEX's standard document classes*. [S.l.], 2008. Disponível em: <<http://mirrors.ctan.org/info/babel/babel.pdf>>. Acesso em: 17 fev. 2013. Citado na página 30.
- FACELI, K. et al. *Inteligência artificial: uma abordagem de aprendizado de máquina*. [S.l.]: LTC, 2011. Citado na página 19.
- GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. *Deep Learning*. [S.l.]: MIT Press, 2016. <<http://www.deeplearningbook.org>>. Citado na página 19.
- HE, K. et al. Deep residual learning for image recognition. In: *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 770–778. Citado 3 vezes nas páginas 19, 34 e 43.
- HINTON, G.; VINYALS, O.; DEAN, J. Distilling the knowledge in a neural network. *arXiv preprint arXiv:1503.02531*, 2015. Citado na página 21.

- IBGE. *Normas de apresentação tabular*. 3. ed. Rio de Janeiro: Centro de Documentação e Disseminação de Informações. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1993. Acesso em: 21 ago 2013. Citado na página 22.
- KRIZHEVSKY, A.; SUTSKEVER, I.; HINTON, G. E. Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In: PEREIRA, F. et al. (Ed.). *Advances in Neural Information Processing Systems*. Curran Associates, Inc., 2012. v. 25. Disponível em: <[https://proceedings.neurips.cc/paper\\_files/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf](https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf)>. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 19.
- LECUN, Y. et al. Ua m uller, e. s ackinger, p. simard, and v. vapnik. comparison of learning algorithms for handwritten digit recognition. In: *Proceedings ICANN*. [S.l.: s.n.], 1995. v. 95, p. 53–60. Citado na página 19.
- LIANG, T. et al. Pruning and quantization for deep neural network acceleration: A survey. *Neurocomputing*, v. 461, p. 370–403, 2021. ISSN 0925-2312. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925231221010894>>. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.
- SILVA, R. A. da. A resource constrained pipeline approach to embed convolutional neural models (cnns). 2022. Disponível em: <<https://drive.google.com/file/d/1yl0EMe8q0iasmqoZpCXEV9L5UO6bgfF4/view>>. Citado na página 34.
- van GIGCH, J. P.; PIPINO, L. L. In search for a paradigm for the discipline of information systems. *Future Computing Systems*, v. 1, n. 1, p. 71–97, 1986. Citado na página 23.
- WILSON, P.; MADSEN, L. *The Memoir Class for Configurable Typesetting - User Guide*. Normandy Park, WA, 2010. Disponível em: <<http://mirrors.ctan.org/macros/latex/contrib/memoir/memman.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2012. Citado na página 27.
- ZHANG, A. et al. *Dive into Deep Learning*. [S.l.]: Cambridge University Press, 2023. <<https://D2L.ai>>. Citado na página 19.

# **Apêndices**

# APÊNDICE A – Modelo Professor

Código utilizado para criar a o modelo Professor usando a ResNet-50 ([HE et al., 2016](#)) com TensorFlow 2.0.

Código 4 – Criação do modelo Professor

```
1 preprocess_input = tf.keras.applications.resnet50.preprocess_input
2 base_model =
3     tf.keras.applications.resnet.ResNet50(input_shape=IMG_SHAPE,
4         include_top=False,
5         pooling='avg',
6         weights='imagenet')
7 base_model.trainable = False
8 input = tf.keras.Input(shape=(96, 96, 3))
9 x = input
10 x = preprocess_input(x)
11 x = base_model(x, training=False)
12 x = tf.keras.layers.Dropout(0.2)(x)
13 output = tf.keras.layers.Dense(n)(x)
14 teacher = tf.keras.Model(input, output)
```

Fonte: Autor

## APÊNDICE B – Modelo Aluno

Código utilizado para criar a o modelo Aluno com TensorFlow 2.0.

Código 5 – Criação do modelo Aluno

```
1 def create_student_model():
2     i = tf.keras.layers.Input(shape=IMG_SHAPE)
3     x = add_cnorm_layer(32, i)
4     x = add_cnorm_layer(64, x)
5     x = add_cnorm_layer(128, x)
6     x = tf.keras.layers.Flatten()(x)
7     x = tf.keras.layers.Dropout(0.2)(x)
8     x = tf.keras.layers.Dense(1024, activation='relu')(x)
9     x = tf.keras.layers.Dropout(0.2)(x)
10    x = tf.keras.layers.Dense(n)(x)
11    return tf.keras.Model(i, x)
12
13 def add_cnorm_layer(size, x):
14     x = tf.keras.layers.Conv2D(size, (3, 3), padding='same',
15                                activation='relu')(x)
16     x = tf.keras.layers.BatchNormalization()(x)
17     x = tf.keras.layers.Conv2D(size, (3, 3), padding='same',
18                                activation='relu')(x)
19     x = tf.keras.layers.BatchNormalization()(x)
20     x = tf.keras.layers.MaxPooling2D((2, 2))(x)
21     return x
```

Fonte: Autor

# **Anexos**

## **ANEXO A – Morbi ultrices rutrum lorem.**

Sed mattis, erat sit amet gravida malesuada, elit augue egestas diam, tempus scelerisque nunc nisl vitae libero. Sed consequat feugiat massa. Nunc porta, eros in eleifend varius, erat leo rutrum dui, non convallis lectus orci ut nibh. Sed lorem massa, nonummy quis, egestas id, condimentum at, nisl. Maecenas at nibh. Aliquam et augue at nunc pellentesque ullamcorper. Duis nisl nibh, laoreet suscipit, convallis ut, rutrum id, enim. Phasellus odio. Nulla nulla elit, molestie non, scelerisque at, vestibulum eu, nulla. Ut odio nisl, facilisis id, mollis et, scelerisque nec, enim. Aenean sem leo, pellentesque sit amet, scelerisque sit amet, vehicula pellentesque, sapien.

## **ANEXO B – Cras non urna sed feugiat cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes nascetur ridiculus mus**

Sed consequat tellus et tortor. Ut tempor laoreet quam. Nullam id wisi a libero tristique semper. Nullam nisl massa, rutrum ut, egestas semper, mollis id, leo. Nulla ac massa eu risus blandit mattis. Mauris ut nunc. In hac habitasse platea dictumst. Aliquam eget tortor. Quisque dapibus pede in erat. Nunc enim. In dui nulla, commodo at, consectetur nec, malesuada nec, elit. Aliquam ornare tellus eu urna. Sed nec metus. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas.



## **ANEXO C – Fusce facilisis lacinia dui**

Phasellus id magna. Duis malesuada interdum arcu. Integer metus. Morbi pulvinar pellentesque mi. Suspendisse sed est eu magna molestie egestas. Quisque mi lorem, pulvinar eget, egestas quis, luctus at, ante. Proin auctor vehicula purus. Fusce ac nisl aliquam ante hendrerit pellentesque. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Morbi wisi. Etiam arcu mauris, facilisis sed, eleifend non, nonummy ut, pede. Cras ut lacus tempor metus mollis placerat. Vivamus eu tortor vel metus interdum malesuada.