



Polytechnic of Leiria  
School of Technology and Management  
Department of Electrical Engineering  
Bachelor's Degree in Electrical and Computer Engineering

BATTAIHEALTH  
BATTERY CONDITION ESTIMATION IN  
AUTOMOTIVE AND RAILWAY APPLICATIONS  
USING AI

PEDRO ANDRÉ SILVA FERREIRA

Leiria, Junho de 2025





**POLITÉCNICO  
DE LEIRIA**

ESCOLA SUPERIOR  
DE TECNOLOGIA  
E GESTÃO

Polytechnic of Leiria  
School of Technology and Management  
Department of Electrical Engineering  
Bachelor's Degree in Electrical and Computer Engineering

**BATTAIHEALTH  
BATTERY CONDITION ESTIMATION IN  
AUTOMOTIVE AND RAILWAY APPLICATIONS  
USING AI**

Final report of the Project Curricular Unit of the Bachelor's Degree in  
Eletrotechnical and Computers Engineering, branch of Eletrónica and  
Computers.

PEDRO ANDRÉ SILVA FERREIRA  
N: 2222035

Work done under the guidance of Professor Luís Conde Bento ([luís.conde@ipleiria.pt](mailto:luís.conde@ipleiria.pt)) and  
Professor Mónica Figueiredo ([monica.figueiredo@ipleiria.pt](mailto:monica.figueiredo@ipleiria.pt)).

Leiria, Junho de 2025



## AGRADECIMENTOS

---

Colocar os agradecimentos aqui.



## RESUMO

---

Deverá conter de forma sucinta, clara e objetiva as questões mais importantes tratadas no corpo do trabalho.

Deverá ter, no máximo, 250 palavras.





## ABSTRACT

---

Escrever o resumo em inglês.



## ÍNDICE

---

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xi
Lista de Abreviaturas	xiii

1	Introdução	1
2	Desenvolvimento	3
2.1	Estilos . . . . .	3
3	Conclusões	5
	Bibliografia	7

## Apêndices

A	Apêndice A	11
A.1	Appendix Section Test . . . . .	11
A.2	Another Appendix Section Test . . . . .	12
B	Apêndice B	13



## LISTA DE FIGURAS

---

Figura 1	Imagem composta . . . . .	3
Figura 2	Vulcão . . . . .	4



## LISTA DE TABELAS

---

Tabela 1	Exemplo de uma tabela . . . . .	4
Tabela 2	Autem usu id . . . . .	12

## LISTA DE TABELAS







## INTRODUÇÃO

---

Este documento serve de orientação para o relatório da unidade curricular de Projeto do Curso de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores da ESTG – IPLEIRIA. Como tal, é constituído por um conjunto predefinido de estilos. Estes devem ser utilizados sem serem alterados ou substituídos. Para começar a escrever o relatório, basta guardar uma cópia deste documento e substituir os campos e as secções de acordo com o projeto em questão.

A intenção deste documento é fazer com que os estudantes se concentrem na produção dos conteúdos e não se preocupem com formatações de tipos de letra, parágrafos, etc.

Quanto à introdução, ela deve preparar o leitor para o resto do relatório.

Entre outros, deverá incluir:

- uma apresentação do assunto e contexto;
- a definição do objetivo do trabalho;
- as preocupações que o motivaram;
- a metodologia de ação para a persecução do trabalho;
- a colaboração solicitada e recebida e o grau de auxílio que esse eventual apoio teve para o bom andamento dos trabalhos;
- eventualmente, aspetos particulares do trabalho: situações vividas e técnicas adquiridas.

Por fim, a introdução deve descrever como foi organizado o relatório, referindo, brevemente, o propósito de cada secção considerada no mesmo.

As referências bibliográficas são extremamente importantes e podem ser feitas da seguinte forma (ver código fonte do `LATEX`):

- Para fazer uma citação no fim de uma frase: (Sims, 1992).
- Múltiplas citações: (Darwin, 1859; Koza, 1992).
- Para fazer uma citação que serve também como sujeito dessa frase (por exemplo no início): Sims (1992).

- Obter apenas o nome do autor: Sims.
- Obter apenas o título do obra: «Interactive evolution of dynamical systems».
- Segundo Rudolph (2016), bla, bla .... *The minted package: Highlighted source code in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>*.

Para mais informações sobre o L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub> aconselha-se a consulta do livro *The Not So Short Introduction to L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>* (Oetiker et al., 2000).

Para a gestão de referências bibliográficas aconselha-se o JabRef.

## DESENVOLVIMENTO

---

O corpo do relatório constitui a parte mais extensa do trabalho e deve conter o desenvolvimento das ideias referidas na Introdução. Nesta parte do relatório incluem-se o assunto, objeto a ser tratado, a metodologia da sequência de exposição, a descrição dos métodos e técnicas usados, a construção de argumentos, a explicação de conceitos e noções, a análise e a interpretação de dados.

### 2.1 ESTILOS

O  $\text{\LaTeX} 2_{\varepsilon}$  trata da formação, apenas temos de usar as *tags* correctas. Seguem-se alguns exemplos.

A Figura 1 é constituída por 3 imagens em ficheiros **.jpg** separados. A Figura 2 é constituída apenas por um ficheiro e ocupa 50% da largura de uma linha de texto.

Na Tabela 1 apresenta-se um exemplo de uma tabela.

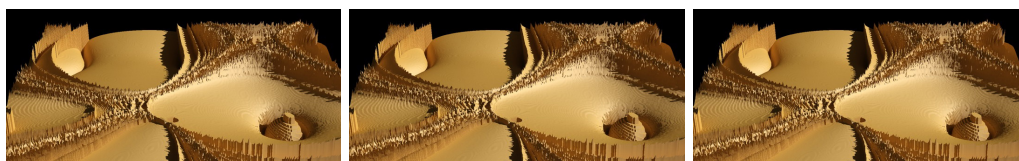


Figura 1: Imagem composta por três figuras em ficheiros separados

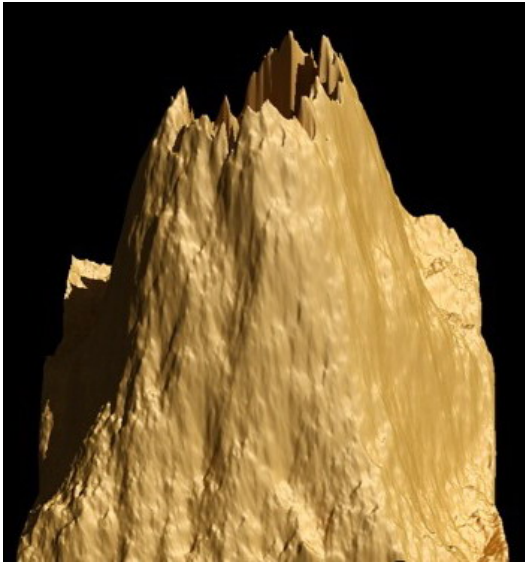


Figura 2: Vulcão

Tabela 1: Floating point benchmark.  $\mathbf{R}_{max}$ : the performance in Gflops for the largest problem run on a machine;  $\mathbf{N}_{max}$ : the size of the largest problem run on a machine;  $\mathbf{N}_{1/2}$ : the size where half the  $\mathbf{R}_{max}$  execution rate is achieved;  $\mathbf{R}_{peak}$ : the theoretical peak performance in Gflops for the machine

<b>Linpac</b> <b>Benchmark</b> (Full precision)	Proc. or Cores	$\mathbf{R}_{max}$ GFlops	$\mathbf{N}_{max}$ Order	$\mathbf{N}_{1/2}$ Order	$\mathbf{R}_{peak}$ GFlops
Thinking Machine CM-5	32	1,900	9216	4096	4
Pentium 4 3.0 GHz	1	4,730	7600	365	6
IBM Cell BE 3.2 GHz	9	98,05	4096	1536	204,8 (32 bits) 14,6 (64 bits)

## CONCLUSÕES

---

A apresentação das conclusões tem como objetivo realizar uma síntese, acompanhada de um conjunto de observações acerca do que foi escrito anteriormente.





## BIBLIOGRAFIA

---

- Darwin, C. (1859). *On the Origin of Species by Means of Natural Selection*. John Murray.
- Koza, J. R. (1992). *Genetic Programming. On the programming of computers by means of natural selection*.
- Oetiker, T. et al. (2000). *The Not So Short Introduction to L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>*. <http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/english/lshort.pdf>.
- Rudolph, Konrad (2016). *The minted package: Highlighted source code in L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X 2<sub>ε</sub>*. <http://mirrors.fe.up.pt/pub/CTAN/macros/latex/contrib/minted/minted.pdf>. CTAN.
- Sims, Karl (1992). «Interactive evolution of dynamical systems». Em: *Toward a Practice of Autonomous Systems: Proceedings of the First European Conference on Artificial Life*. Ed. por F. Varela e P. Bourguine. Paris, FR: MIT Press, pp. 171–178.



## APÊNDICES



## APÊNDICE A

---

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.

### A.1 APPENDIX SECTION TEST

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.

Nulla mattis luctus nulla. Duis commodo velit at leo. Aliquam vulputate magna et leo. Nam vestibulum ullamcorper leo. Vestibulum condimentum rutrum mauris.

LABITUR BONORUM PRI NO	QUE VISTA	HUMAN
fastidii ea ius	germano	demonstratea
suscipit instructor	titulo	personas
quaestio philosophia	facto	demonstrated

Tabela 2: Autem usu id.

Donec id mauris. Morbi molestie justo et pede. Vivamus eget turpis sed nisl cursus tempor. Curabitur mollis sapien condimentum nunc. In wisi nisl, malesuada at, dignissim sit amet, lobortis in, odio. Aenean consequat arcu a ante. Pellentesque porta elit sit amet orci. Etiam at turpis nec elit ultricies imperdiet. Nulla facilisi. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse viverra aliquam risus. Nullam pede justo, molestie nonummy, scelerisque eu, facilisis vel, arcu.

## A.2 ANOTHER APPENDIX SECTION TEST

Curabitur tellus magna, porttitor a, commodo a, commodo in, tortor. Donec interdum. Praesent scelerisque. Maecenas posuere sodales odio. Vivamus metus lacus, varius quis, imperdiet quis, rhoncus a, turpis. Etiam ligula arcu, elementum a, venenatis quis, sollicitudin sed, metus. Donec nunc pede, tincidunt in, venenatis vitae, faucibus vel, nibh. Pellentesque wisi. Nullam malesuada. Morbi ut tellus ut pede tincidunt porta. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam congue neque id dolor.

Donec et nisl at wisi luctus bibendum. Nam interdum tellus ac libero. Sed sem justo, laoreet vitae, fringilla at, adipiscing ut, nibh. Maecenas non sem quis tortor eleifend fermentum. Etiam id tortor ac mauris porta vulputate. Integer porta neque vitae massa. Maecenas tempus libero a libero posuere dictum. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Aenean quis mauris sed elit commodo placerat. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Vivamus rhoncus tincidunt libero. Etiam elementum pretium justo. Vivamus est. Morbi a tellus eget pede tristique commodo. Nulla nisl. Vestibulum sed nisl eu sapien cursus rutrum.

APÊNDICE B

---

Nulla in ipsum. Praesent eros nulla, congue vitae, euismod ut, commodo a, wisi. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Aenean nonummy magna non leo. Sed felis erat, ullamcorper in, dictum non, ultricies ut, lectus. Proin vel arcu a odio lobortis euismod. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Proin ut est. Aliquam odio. Pellentesque massa turpis, cursus eu, euismod nec, tempor congue, nulla. Duis viverra gravida mauris. Cras tincidunt. Curabitur eros ligula, varius ut, pulvinar in, cursus faucibus, augue.