



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 (luis.conde@ipleiria.pt) and
Professor Mónica Figueiredo (monica.figueiredo@ipleiria.pt).

Leiria, Junho de 2025

ACKNOWLEDGEMENTS

agradecer a familia, mae pai irmao e namorada, orientadoes e amigos.

RESUMO

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

Deverá ter, no máximo, 250 palavras.

A estimativa precisa do Estado de Saúde (SoH), Estado de Carga (SoC) e Vida Útil Restante (RUL) das baterias é crucial para aplicações automóveis e ferroviárias, dado o papel essencial das baterias na eficiência energética e fiabilidade dos sistemas de transporte. A gestão eficaz destes parâmetros pode prevenir falhas inesperadas, otimizar os ciclos de carga e descarga, e prolongar a vida útil das baterias, contribuindo assim para uma redução significativa nos custos operacionais e ambientais. A Inteligência Artificial (IA) tem mostrado grande potencial na tarefa de estimar SoH, SoC e RUL das baterias. Algoritmos de machine learning e redes neurais podem analisar grandes volumes de dados históricos e em tempo real, identificando padrões complexos que são difíceis de detectar com métodos tradicionais. A aplicação de IA permite uma previsão mais precisa e adaptativa das condições da bateria, melhorando a segurança e a eficiência operacional em veículos automóveis e ferroviários. Os datasets utilizados para a estimativa de SoH, SoC e RUL de baterias incluem uma variedade de dados recolhidos de ciclos de carga e descarga, condições de temperatura, tensões, correntes e outros parâmetros relevantes. Estes dados podem ser obtidos a partir de testes laboratoriais controlados, bem como de operações reais em campo. A qualidade e a abrangência dos datasets são essenciais para o treino eficaz dos modelos de IA, garantindo que eles possam generalizar bem para diferentes tipos de baterias e condições de operação. O desenvolvimento deste projeto envolve várias etapas-chave. Inicialmente, serão identificados os datasets e pré-processados os dados relevantes das baterias. Em seguida, serão desenvolvidos e treinados modelos de IA utilizando técnicas de machine learning supervisionado e não supervisionado. A validação dos modelos será realizada através de testes exaustivos com datasets distintos, assegurando a sua robustez e precisão. Finalmente, será implementado um sistema protótipo capaz de estimar em tempo real o SoH, SoC e RUL das baterias, com o objetivo de ser integrado em aplicações automóveis e ferroviárias, promovendo a inovação e a sustentabilidade nos sistemas de transporte.

ABSTRACT

Escrever o resumo em inglês.

INDEX

Acknowledgements	i
Resumo	iii
Abstract	v
Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xi
Glossário	xii
Lista de Abreviaturas	xiii
1 Introdução	1
2 Background material and Supporting Technologies	3
2.1 Core Concepts	3
2.1.1 Battery Degradation	4
2.1.2 Capacity Fade	4
2.1.3 Internal Resistance Degradation	5
2.1.4 monitoring battery health	5
2.2 Practical Challenges	7
2.2.1 Laboratory vs. Real-World Conditions	7
2.2.2 Scalability	7
2.2.3 Real-Time Monitoring	7
2.2.4 Environmental Factors	8
2.3 Economic and Feasibility Challenges	8
2.3.1 Cost of Monitoring Systems	8
2.3.2 Data and Computational Costs	8
2.3.3 Standardization	8
2.4 Supporting Technologies	9
2.5 Methodological Background	9
2.6 Related Frameworks	9
3 State of the Art	11
4 Development	13
4.1 Dataset Collection and Preprocessing	13
4.2 Utilized Model	13

INDEX

4.3	Model Training and Evaluation	14
4.4	Model Optimization	15
5	Conclusões	17
	Bibliografia	19
 Apêndices		
A	Apêndice A	23
A.1	Appendix Section Test	23
A.2	Another Appendix Section Test	24
B	Apêndice B	25

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Autem usu id	24
----------	------------------------	----

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^AT_EX 2_ε*.

Para mais informações sobre o L^AT_EX 2_ε aconselha-se a consulta do livro *The Not So Short Introduction to L^AT_EX 2_ε* (Oetiker et al., 2000).

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

o trabalho desenvolvido tem como objetivo estimar o estado de saúde (SoH), estado de carga (SoC) e vida útil restante (RUL) de baterias, com foco em aplicações automóveis e ferroviárias. A gestão eficaz destes parâmetros é crucial para otimizar o desempenho e a durabilidade das baterias, prevenindo falhas inesperadas e melhorando a eficiência energética dos sistemas de transporte. onde as técnicas atuais não conseguem ser precisas o suficiente, e a inteligência artificial pode ajudar a melhorar a precisão das estimativas de SoH, SoC e RUL. A IA pode analisar grandes volumes de dados históricos e em tempo real, identificando padrões complexos que são difíceis de detectar com métodos tradicionais. A aplicação de IA permite uma previsão mais precisa e adaptativa das condições da bateria, melhorando a segurança e a eficiência operacional em veículos automóveis e ferroviários. em todos os tipos de ambiente, temperaturas etc, e para diferentes químicas de baterias. isto serve de motivação para a criação de redes neurais que consigam estimar isto tudo

para atacar este problema foi necessário adquirir conhecimento sobre baterias, química, funcionamento, etc. bem como estrutura de várias arquiteturas de redes neurais e técnicas utilizadas para criar o modelo, avaliá-lo, testá-lo e utilizá-lo de grandes quantidades de dados depois selecionar a arquitetura/bibliotecas mais adequada para o problema, e neste caso treinar a rede neural e validá-la e otimizá-la

esta sendo uma área diversa ao lecionado no curso, tive ajuda e transferência de conhecimento dos meus orientadores que me guiaram para a descoberta de novos conhecimentos e ferramentas para ajudar no trabalho desenvolvido

adquiri técnicas e conhecimentos de manipulação de dados, análise de dados, e utilização de redes neurais para resolver problemas complexos ferramentas de otimização de modelos como o optuna e visualização como o wandb

BACKGROUND MATERIAL AND SUPPORTING TECHNOLOGIES

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.

2.1 CORE CONCEPTS

Battery technology serves as the foundation for energy storage systems across numerous applications, from portable electronics to electric vehicles and grid-scale storage. Modern batteries primarily fall into several categories, including lithium-ion, lead-acid, nickel-metal hydride, and flow batteries, each with distinct electrochemical properties, energy densities, and lifecycle characteristics. The health of these batteries is characterized by parameters such as state of charge (SoC), state of health (SoH), capacity fade, internal resistance, and degradation rates, which collectively determine performance and longevity. Monitoring these parameters presents unique challenges due to the complex, nonlinear relationships between observable measurements and underlying battery conditions. Artificial intelligence and machine learning approaches offer powerful solutions to these challenges by enabling pattern recognition across multidimensional battery data. Supervised learning algorithms can predict remaining useful life, while unsupervised methods can detect anomalies indicative of impending failure. Deep learning architectures, particularly recurrent neural networks and transformers, have demonstrated exceptional capability in

extracting temporal patterns from battery operational data, making them especially valuable for health prognostics in dynamic usage scenarios.

2.1.1 *Battery Degradation*

Battery degradation refers to the gradual loss of a battery’s ability to store and deliver energy, driven by chemical reactions, temperature fluctuations, charge/discharge cycles, and aging. The more important mechanisms include:

- **Solid Electrolyte Interphase (SEI) Growth:** A layer forms on the anode, consuming lithium ions and reducing capacity. This process is accelerated at high temperatures and currents.
- **Lithium Plating:** At low temperatures or high charge rates, lithium deposits on the anode, forming “dead lithium” that contributes to irreversible capacity loss.
- **Particle Fracture:** Mechanical stress from cycling causes cracks in electrode materials, reducing active material availability.
- **Positive Electrode (PE) Decomposition:** Structural changes in the cathode, such as spinel/rock salt phase formation, degrade performance.

2.1.2 *Capacity Fade*

Capacity fade is the reduction in a battery’s energy storage capacity, observed as shorter device runtimes or reduced EV driving ranges. Key contributors include:

- **LLI:** SEI growth traps cyclable lithium, causing an initial capacity reduction of approximately 10% .
- **LAM:** Particle fracture and PE decomposition disrupt active material, further reducing capacity.
- **Lithium Plating:** Forms “dead lithium,” contributing to irreversible capacity loss, especially at high state of charge (SoC) or low temperatures.
- **Impedance Increase:** Higher resistance indirectly reduces usable capacity by limiting efficient energy transfer.

colocar citacao aqui !!!

Studies report capacity loss in lithium-ion batteries ranging from 12.4% to 24.1% after 500 cycles, averaging 0.025–0.048% per cycle.

2.1.3 *Internal Resistance Degradation*

Internal resistance increases as batteries age, impacting power delivery, charging speed, and heat generation. Key causes include:

- **SEI Growth:** The SEI layer becomes less permeable to Li ions, with thickness increasing with the square root of time (e.g., 15–100 nm for spinel/rock salt layers, 10 nm for passivating SEI after one year of storage).
- **Lithium Plating:** Clogs electrode pores, increasing resistance.
- **PE Structural Changes:** Formation of spinel/rock salt phases and passivating SEI (pSEI) layers adds resistance.
- **Particle Fracture:** Disrupts electrical conductivity, further increasing resistance.

Increased resistance leads to slower charging, reduced performance, and accelerated degradation due to heat generation.

2.1.4 *monitoring battery health*

Battery health monitoring is critical for ensuring the reliability, safety, and longevity. Monitoring involves assessing the state of charge, and the state of health (SOH), como vimos no capitulo anterior....blablabla

2.1.4.1 *Technical Challenges*

The technical challenges in monitoring battery health arise from the complex nature of battery systems and the difficulties in accurately estimating SOC and SOH.

2.1.4.2 *Complexity of Battery Chemistry*

Batteries, particularly lithium-ion batteries, have intricate internal chemistries that are difficult to model and monitor. Factors such as temperature, charge-

discharge rates, and depth of discharge influence degradation, making accurate SOH estimation challenging. The nonlinear and complex degradation processes vary with usage conditions, environmental factors, and battery design, complicating predictive modeling.

2.1.4.3 *Measurement Difficulties*

Measuring individual battery parameters, such as internal resistance, temperature, and voltage, is technically challenging, especially in real-time applications. This requires precise sensors and sophisticated equipment, which may not be feasible in real-world scenarios. For instance, accurately measuring internal resistance or temperature in a moving vehicle is far more complex than in a controlled lab environment.

2.1.4.4 *Modeling and Estimation*

rever isto !!!

Developing accurate models for SOH estimation is complex. Electrochemical models, which simulate battery behavior based on physical and chemical principles, require extensive computational resources and detailed parameter inputs (e.g., electrolyte properties, reaction rates). Semi-empirical models often oversimplify electrochemical processes, reducing their effectiveness under extreme conditions. Equivalent circuit models (ECMs) may lack precision during high-rate charging/discharging or extreme temperatures due to their simplified nature.

2.1.4.5 *Limitations of Data-Driven Methods*

Data-driven approaches, such as machine learning techniques (e.g. Support Vector Regression, Gaussian Process Regression, Artificial Neural Networks), rely on large, high-quality datasets, which can be difficult to obtain. These methods also lack physical interpretability, making it difficult to understand their predictions. Additionally, issues like overfitting and high computational demands pose challenges for real-time applications.

2.1.4.6 *Complexity of Hybrid Methods*

Hybrid approaches, which combine model-based and data-driven methods, can improve accuracy but increase system complexity and computational costs. Inter-

preting errors in these systems remains a challenge, requiring further research to enhance transparency and efficiency.

2.2 PRACTICAL CHALLENGES

Practical challenges stem from the gap between controlled laboratory environments and real-world operational conditions, as well as the need for scalable and reliable monitoring systems on edge devices.

2.2.1 *Laboratory vs. Real-World Conditions*

There is a significant discrepancy between laboratory-simulated conditions and actual operational environments. Laboratory settings often use sophisticated equipment that is not available in real-world applications, limiting the applicability of monitoring methods. For example, real-world conditions like varying temperatures or road vibrations are difficult to replicate in a lab, affecting SOH estimation accuracy.

2.2.2 *Scalability*

Monitoring systems must handle large numbers of batteries, especially in applications like EVs or trains. This requires scalable solutions that can process vast amounts of data efficiently. For instance, managing battery health across a fleet of electric vehicles demands robust, centralized data systems that can scale without compromising performance.

2.2.3 *Real-Time Monitoring*

Achieving real-time, reliable SOH monitoring is crucial for safety-critical applications but is technically demanding. Battery management systems (BMS) must balance accuracy with computational efficiency to provide timely insights without overloading system resources.

2.2.4 *Environmental Factors*

Batteries are sensitive to environmental conditions such as temperature, humidity, and vibration. Monitoring systems must account for these factors, which can significantly impact battery health and performance. For example, high temperatures can accelerate battery degradation, while low temperatures may reduce capacity, complicating health estimation.

2.3 ECONOMIC AND FEASIBILITY CHALLENGES

Economic considerations and the feasibility of implementing advanced monitoring systems present additional hurdles.

2.3.1 *Cost of Monitoring Systems*

Implementing sophisticated battery health monitoring systems can be expensive, both in terms of initial setup and ongoing maintenance. This includes the cost of sensors, data storage, and computational infrastructure, which can be prohibitive for smaller organizations or applications.

2.3.2 *Data and Computational Costs*

AI and data-driven methods require significant computational resources and high-quality data, which can be costly to acquire and process. The high demand for data and computing power is a problem, particularly for real-time monitoring applications and edge devices.

2.3.3 *Standardization*

The lack of standardized methods and parameters for battery health monitoring hinders interoperability and comparison across different systems. This fragmentation makes it difficult to integrate monitoring solutions across diverse applications, such as consumer electronics and industrial systems.

2.4 SUPPORTING TECHNOLOGIES

2.5 METHODOLOGICAL BACKGROUND

2.6 RELATED FRAMEWORKS

STATE OF THE ART

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.

DEVELOPMENT

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.

4.1 DATASET COLLECTION AND PREPROCESSING

o dataset principal utilizado neste trabalho é o

4.2 UTILIZED MODEL

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Ves-

tibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

4.3 MODEL TRAINING AND EVALUATION

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

4.4 MODEL OPIMIZATION

Morbi luctus, wisi viverra faucibus pretium, nibh est placerat odio, nec commodo wisi enim eget quam. Quisque libero justo, consectetur a, feugiat vitae, porttitor eu, libero. Suspendisse sed mauris vitae elit sollicitudin malesuada. Maecenas ultricies eros sit amet ante. Ut venenatis velit. Maecenas sed mi eget dui varius euismod. Phasellus aliquet volutpat odio. Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Pellentesque sit amet pede ac sem eleifend consectetur. Nullam elementum, urna vel imperdiet sodales, elit ipsum pharetra ligula, ac pretium ante justo a nulla. Curabitur tristique arcu eu metus. Vestibulum lectus. Proin mauris. Proin eu nunc eu urna hendrerit faucibus. Aliquam auctor, pede consequat laoreet varius, eros tellus scelerisque quam, pellentesque hendrerit ipsum dolor sed augue. Nulla nec lacus.

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi.

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^AT_EX 2_ε*. <http://www.ctan.org/tex-archive/info/lshort/english/lshort.pdf>.
- Rudolph, Konrad (2016). *The minted package: Highlighted source code in L^AT_EX 2_ε*. <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 1: 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.