

i Integração de veículos elétricos como fontes de armazenamento de energia para os vários tipos de Rede elétrica

JOÃO PEDRO MONTEIRO DE SOUSA
maio de 2026

Integração de veículos elétricos como fontes de armazenamento de energia para os vários tipos de Rede elétrica

João Pedro Monteiro de Sousa

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica
Sistemas Elétricos de Energia**

Orientador: Professor Rui Paulo Ramos de Castro, Professor Adjunto, DEE/ISEP

Júri:

Presidente:

Professor Doutor Fernando Maurício Teixeira De Sousa Dias, Professor Adjunto, DEE/ISEP

Vogais:

Professor António Augusto Araújo Gomes, Professor Adjunto, DEE/ISEP

Professor Rui Paulo Ramos de Castro, Professor Adjunto, DEE/ISEP

Porto, Abril 2026

Resumo

A presente dissertação parte da necessidade crescente de encontrar soluções sustentáveis e tecnicamente viáveis para enfrentar os desafios impostos pela transição energética e pela crescente penetração de fontes renováveis nas redes elétricas. Neste contexto, os veículos elétricos (VE) surgem como elementos estratégicos, não apenas enquanto meios de transporte, mas sobretudo como unidades móveis de armazenamento de energia. Através da tecnologia Vehicle-to-Grid (V2G), os VE podem contribuir ativamente para a estabilidade, flexibilidade e resiliência das redes, permitindo a gestão dinâmica da procura e da oferta de energia.

A investigação desenvolvida estrutura-se em torno de três partes: a análise técnica da integração dos VE em diferentes tipologias de rede (residencial, agrícola e industrial), a avaliação do desempenho de algoritmos de aprendizagem automática aplicados à previsão do estado de carga (SoC) e da energia necessária, e a quantificação dos impactos económicos associados à utilização dos VE como fontes de armazenamento. Para tal, recorreu-se à recolha de dados reais obtidos por telemetria, à aplicação de modelos preditivos desenvolvidos na plataforma WEKA e à simulação de diferentes cenários operacionais com restrições de carregamento.

Os resultados obtidos demonstram que, em condições específicas de utilização e com o apoio de algoritmos como a *Random Tree*, é possível prever com elevada fiabilidade o comportamento energético dos VE, permitindo otimizar a sua integração na rede. Adicionalmente, a análise económica revelou que, mesmo com restrições de descarga, é possível alcançar lucros mensais significativos, reforçando a viabilidade financeira da abordagem proposta.

Este trabalho contribui, assim, para o avanço do conhecimento técnico e aplicado na área da mobilidade elétrica e da gestão inteligente de energia, propondo soluções concretas que podem ser replicadas em contextos reais, com benefícios para os consumidores, operadores de rede e para o sistema energético como um todo.

Palavras-chave: Veículos elétricos, Vehicle-to-Grid, Carregamento bidirecional, Armazenamento de energia, Algoritmos, Aprendizagem automática.

Abstract

This dissertation starts with the need to find sustainable and technically viable solutions to address the challenges posed by the energy transition and the increasing penetration of renewable sources in electricity grids. In this context, electric vehicles (EVs) emerge as strategic elements, not only as means of transport, but above all as mobile energy storage units. Through Vehicle-to-Grid (V2G) technology, EVs can actively contribute to the stability, flexibility, and resilience of grids, enabling dynamic management of energy demand and supply.

The research is structured around three parts: the technical analysis of the integration of EVs into different types of networks (residential, agricultural, and industrial), the evaluation of the performance of machine learning algorithms applied to the prediction of state of charge (SoC) and energy requirements, and the quantification of the economic impacts associated with the use of EVs as storage sources.

To this end, real data obtained by telemetry was collected, predictive models developed on the WEKA platform were applied, and different operational scenarios with charging restrictions were simulated.

The results obtained show that, under specific conditions of use and with the support of algorithms such as Decision Tree, it is possible to predict the energy behavior of EVs with high reliability, allowing their integration into the grid to be optimized. In addition, the economic analysis revealed that, even with discharge restrictions, it is possible to achieve significant monthly profits, reinforcing the financial viability of the proposed approach.

This work contributes to the advancement of technical and applied knowledge in the field of electric mobility and smart energy management, proposing concrete solutions that can be replicated in real contexts, with benefits for consumers, grid operators, and the energy system as a whole.

Keywords: Electric vehicles, Vehicle-to-Grid, Bidirectional charging, Energy storage, Algorithms, Machine learning.

Agradecimentos

Chega ao fim este percurso académico e são poucas as palavras para agradecer a todos aqueles que me ajudaram e apoiaram na realização e conclusão deste trabalho

Ao meu orientador, o Professor Rui Castro, pelo apoio dado e pela partilha de conhecimentos na realização deste projeto.

À Doutora Nagy Anna, por todo o carinho e apoio que demonstrou durante estes anos, quem me motivou ao longo dos mesmos.

Ao meu amigo Engenheiro Hugo Carneiro que sempre me acompanhou, mesmo antes do início deste percurso.

Por fim, mas não menos importante, quero agradecer à minha família, à minha mãe e a minha irmã pela presença constante e necessária na minha vida, cujo apoio foi indispensável para terminar esta fase académica com sucesso.

Muito obrigado!

Índice

1	- Introdução.....	19
1.1	Motivação e contexto.....	20
1.2	Problema Proposto.....	21
1.3	Objetivos da Dissertação.....	21
1.4	Estrutura e Organização da Dissertação.....	22
2	- Estado da Arte.....	23
2.1	A evolução da tecnologia V2G.....	23
2.2	Normas de comunicação e Infraestruturas.....	24
2.2.1	Protocolos de Carregamento.....	24
2.2.2	Integração do V2G e ISO 15118.....	25
2.2.3	Infraestrutura elétrica.....	28
2.3	Estratégias de gestão em redes elétricas para VE.....	29
2.4	- Veículos elétricos e o seu papel nos sistemas energéticos.....	31
2.4.1	Visão geral da tecnologia dos veículos elétricos.....	31
2.4.2	Tecnologia de baterias e armazenamento de energia.....	32
2.4.3	Tecnologia de carregamento bidirecional.....	35
2.4.4	Impacto dos veículos elétricos na sustentabilidade e na descarbonização	39
2.5	- Redes elétricas e armazenamento de energia.....	40
2.5.1	Tipos de redes elétricas: Visão geral.....	40
2.5.2	Desafios na estabilidade e gestão da energia.....	44
2.5.3	O papel do armazenamento distribuído de energia na flexibilidade e resiliência da rede.....	47
2.6	- Estratégias de gestão para a integração de VE na rede elétrica.....	49
2.6.1	Métodos de gestão de carregamento de VE.....	49
2.7	Fundamentos Teóricos- Aprendizagem Máquina.....	57
2.7.1	Tipos de aprendizagem máquina.....	57
2.7.2	Problemas para aprendizagem máquina.....	60
2.7.3	Critérios de desempenho.....	61
2.7.4	Métodos e algoritmos.....	63
2.7.5	Escolha de ferramenta de suporte.....	66
3	Metodologia de Análise.....	71
3.1	Contexto de estudo.....	72
3.2	Aquisição de dados.....	73
3.3	Análise e Tratamento de dados.....	75
4	Implementação da Metodologia.....	81
4.1	Seleção de algoritmos.....	82

4.2	Aplicação da Metodologia	86
4.3	Análise de resultados	90
5	- Conclusão	93
6	- Referências	97
	Anexo A - Apresentação das características energéticas de diferentes baterias	107
	Anexo B - Modelo - MLP_ SoC min 70%	109
	Anexo C - Modelo - MLP_ SoC min 20%	111
	Anexo D - Tabela - SoC min 70%	113
	Anexo E - Tabela - SoC min 20%.....	123

Lista de Figuras

Figura 1 – Exemplo G2V e V2G	23
Figura 2 – ISO 15118 e a sua relação com as camadas de Interligação	27
Figura 3 – Exemplo de um <i>powertrain</i> elétrico	31
Figura 4 – Comparação das principais métricas de desempenho de químicas populares de cátodos de iões de lítio.....	33
Figura 5 – Esquema de condicionamento de baterias para segunda vida	34
Figura 6 – Infraestrutura de carregamento.....	35
Figura 7 – Modos de funcionamento do carregador EV bidirecional. (a) Modo G2V.....	36
Figura 8 – Média diária do consumo total de eletricidade para as casas rurais e urbanas	37
Figura 10 – Diagrama de blocos do simulador de carregamento de VE	37
Figura 11 – Comparação com e sem gestão de carregamento bem como em caso de emergência	38
Figura 12 – Emissões globais de GEE por setor (eixo esquerdo, barras) e per capita (eixo direito, linha preta), 1970-2023	39
Figura 13 – Percentagem de emissões por tipo de transporte	39
Figura 14 – Emissões específicas de CO ₂ na operação de um automóvel, CCS (<i>Carbon Capture System</i>)	40
Figura 15 – Estado de carga de um VE durante um dia	42
Figura 16 – Parker Project	42
Figura 17 – Fluxograma baseado nos agentes	46
Figura 18 – A “curva do pato” mostra necessidades de aumento acentuado e risco de sobrepodução	50
Figura 19 – Fluxograma de simulação da estratégia de carregamento elétrico coordenado [62]	51
Figura 20 – Curva de carga diária da rede elétrica da cidade H	52
Figura 21 - Curva de carga diária da rede elétrica da cidade H com carregamento não coordenado	52
Figura 22 - Curva de carga diária da rede elétrica da cidade H com carregamento coordenado	53
Figura 23 - Perfil de carga para um único VE, com os componentes P, a procura média, e Q, a procura variável, apresentados. Isto representa o 90% da procura.....	54
Figura 24 - Perfil de carga para 10 veículos, com uma componente variável reduzida.....	54
Figura 25 – Processo de aprendizagem não supervisionada	58
Figura 26 – Processo de aprendizagem semi-supervisionada.....	59
Figura 27 – Processo de aprendizagem reforço	59
Figura 28 – Exemplo <i>Underfitting</i> e <i>Overfitting</i>	61
Figura 29 – Rede Neural Artificial.....	63
Figura 30 – Funcionamento de um neurónio numa Rede Neural Artificial	64
Figura 31 – Exemplo de uma árvore de decisão	64
Figura 32 – Exemplo de uma floresta aleatória	65

Figura 33 – Exemplo de uma regressão linear	66
Figura 34 – Ambiente de trabalho SAS Viya.....	67
Figura 35 – Ambiente de trabalho Vertex AI	67
Figura 36 – Ambiente de trabalho RapidMiner	68
Figura 37 – Fluxo de dados de Excel para WEKA	69
Figura 38 – Fluxo de energia do caso em estudo.....	72
Figura 39 – Habitação do caso de estudo	73
Figura 40 – Wallbox Quasar	73
Figura 41 – Layout da plataforma FusionSolar	74
Figura 42 – Diagrama de estados de gestão de energia	76
Figura 43 – Fluxograma do processo	82
Figura 44 – Relatório do algoritmo	83
Figura 45 – Comparação entre os valores reais e previsto pelo modelo Árvore de decisão.....	84
Figura 46 – Multilayer perception SoC atual.....	86
Figura 47 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo Árvore de Decisão.....	86
Figura 48 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo Regressão Linear	87
Figura 49 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo <i>multilayer perceptron</i>	87
Figura 50 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo Árvore de Decisão, restrição SoC min 20%.....	88
Figura 51 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo Regressão Linear, restrição SoC min 20%.....	88
Figura 52 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo <i>multilayer perceptron</i> , restrição SoC min 20%.	89

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Função objetivo e restrições em V2G.....	29
Tabela 2 - Diferença <i>peak-valley</i> da curva de carga com diferentes modos de carregamento.	53
Tabela 3 – Amostra de dados recolhidos da plataforma de telemetria	78
Tabela 4 – Desempenho dos Algoritmos para SoC min a 70%	87
Tabela 5 – Desempenho dos Algoritmos para SoC min a 20%	89

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

AC	Corrente alternada
CCS	<i>Combined Charging System</i>
CO₂	Dióxido de carbono
CPP	Critical Peak Pricing
DC	Corrente contínua
ERSE	Entidade reguladora da energia em Portugal
EMS	Sistemas de gestão energética autónomos
G2V	Grid-to-Vehicle
HEMS	Sistemas avançados de gestão da energia de uma residência
IA	Inteligência artificial
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LFP	Fosfato de ferro-lítio
Li-Ion	Iões de lítio
LR	<i>Linear Regression</i>
MAE	Média do Erro Absoluto
ML	Machine Learning
MLP	<i>Multilayer Perceptron</i>
OCPP	Open Charge Point Protocol
OpenADR	<i>Open Automated Demand Response</i>
P2P	peer-to-peer
r	Coeficiente de Correlação
RMSE	<i>Root Mean Squared Error</i>
RNA	Redes Neurais Artificiais
RT	<i>Random Tree</i>

RTP	Preços em tempo real
SiC	<i>silicon carbide</i>
SoC	estado de carga da bateria
TOU	<i>Time of Use</i>
VE	Veículos elétricos
V2G	<i>Vehicle-to-Grid</i>
V2H	<i>Vehicle-to-Home</i>
WEKA	Waikato Environment for Knowledge Analysis

1 - Introdução

A crescente penetração de fontes de energia renovável, como a solar e a eólica, tem vindo a acentuar a variabilidade e a imprevisibilidade da produção elétrica, colocando novos desafios à estabilidade e à gestão eficiente das redes. Neste contexto, a integração de VE como unidades móveis de armazenamento de energia surge como uma resposta estratégica, capaz de reforçar a flexibilidade e a resiliência dos sistemas elétricos. A presente dissertação parte desta premissa, procurando compreender de que forma os VE, através de tecnologias de carregamento bidirecional e sistemas V2G, podem ser incorporados de forma eficaz nas diversas tipologias de rede, desde ambientes residenciais até contextos industriais e agrícolas.

A abordagem metodológica adotada estrutura-se em torno de três eixos fundamentais: o enquadramento técnico das soluções V2G, a avaliação do seu impacto económico e a análise dos requisitos normativos e operacionais para a sua implementação. Através da recolha e tratamento de dados reais obtidos por telemetria, e com o apoio de algoritmos de aprendizagem automática, foram desenvolvidos modelos preditivos capazes de estimar o comportamento energético das unidades em estudo. Esta modelação permitiu não só validar a viabilidade técnica da integração dos VE como fontes de armazenamento, mas também quantificar os ganhos económicos associados a diferentes cenários de operação.

A análise dos resultados obtidos evidencia o potencial dos VE para contribuir ativamente para a estabilidade da rede, nomeadamente através da resposta à procura e da gestão de picos de carga. Simultaneamente, destaca-se a importância de políticas públicas e estruturas regulatórias que incentivem a adoção destas soluções, assegurando a interoperabilidade entre equipamentos, a segurança na comunicação de dados e a compensação adequada pelos serviços prestados à rede. Assim, esta dissertação propõe-se não apenas a explorar os benefícios técnicos e económicos da integração dos VE, mas também a contribuir para o debate sobre o futuro da mobilidade elétrica enquanto pilar da transição energética sustentável.

1.1 Motivação e contexto

Com o mercado de VE em crescimento existe a oportunidade de usar os mesmos em algo mais do que uma simples solução de transporte. Com os vários avanços tecnológicos de armazenamento de energia e carregamento bidirecional, os VE podem servir como unidades de armazenamento de energia distribuída. Devido a esta particularidade, a procura dos VE como *backup* de energia para integração das diversas fontes de energia renovável aumentou. Deste modo, é possível impulsionar um avanço na estabilidade e flexibilidade das redes elétricas. Esta dupla função não só melhora a resiliência da rede, como também permite que com as baterias dos veículos elétricos se aumente a eficiência do fornecimento e do consumo de energia.

A crescente penetração de fontes de energia renováveis, como a solar e a eólica, introduziu mais incerteza na produção de eletricidade. Os VE, com a sua capacidade de armazenar e descarregar energia, podem auxiliar nesta intermitência, permitindo que a rede elétrica seja mais estável e fiável. Isto é particularmente importante à medida que a procura de energia cresce e a transição para uma economia de baixo carbono acelera.

Para além de servirem como soluções de armazenamento de energia, os VE oferecem benefícios sociais, incluindo a redução da dependência dos combustíveis fósseis; vantagens a nível de saúde, devido à diminuição das emissões de gases de estufa, já que o uso de veículos a combustão interna passa a ser menor; o reforço da segurança energética e a criação de novas oportunidades económicas, tanto para os consumidores como para os fornecedores de serviços públicos. Esta convergência dos sectores dos transportes e da energia representa uma mudança fundamental para o desenvolvimento sustentável.

1.2 Problema Proposto

As redes elétricas tradicionais enfrentam desafios frequentes relacionados com a estabilidade do fornecimento de energia, a gestão dos picos dos consumidores e a integração de fontes de energia renováveis. O potencial dos VE para atuarem como sistemas móveis de armazenamento de energia continua a ser pouco explorado, particularmente em contextos como redes domésticas autossustentáveis, agricultura e sistemas de energia industrial. A implementação de VE como unidades de armazenamento distribuído requer a abordagem da viabilidade técnica e económica.

Os principais problemas incluem:

- Estabilidade da rede: Gerir a flutuação da procura e do fornecimento de energia, especialmente com o aumento de fontes renováveis intermitentes.
- Integração técnica: Desenvolvimento de sistemas de comunicação e controlo eficientes para a transferência bidirecional de energia.
- Viabilidade económica: Estabelecer modelos financeiros que incentivem os proprietários de VE.

A resolução destas questões é crucial para aproveitar todo o potencial dos VE nos sistemas de energia, permitindo uma infraestrutura de rede mais flexível e resiliente.

1.3 Objetivos da Dissertação

O principal objetivo deste trabalho é aplicação de veículos elétricos e integrá-los na rede elétrica como fontes de armazenamento.

Os objetivos da dissertação são os seguintes:

- Avaliar e desenvolver soluções técnicas para a integração bidirecional de VE em redes de energia.
- Propor estratégias de gestão de energia que otimizem a utilização das baterias dos VE para estabilizar as redes.
- Identificar desafios técnicos e operacionais na integração da rede elétrica.
- Analisar os impactos económicos da utilização de VE como fontes de armazenamento de energia, a viabilidade financeira e os benefícios a longo prazo.

Estes objetivos pretendem colmatar as lacunas de conhecimento e fornecer informação prática às partes interessadas nos sectores dos VE e da energia.

1.4 Estrutura e Organização da Dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 4 capítulos.

Este primeiro capítulo apresenta um breve enquadramento da integração dos veículos elétricos na rede elétrica.

No capítulo 2, alusivo ao estado de arte, a infraestrutura e protocolos de comunicação usados essenciais para a ligação entre a rede e os veículos elétricos, a base conceptual associada à aprendizagem automática, incluindo os princípios teóricos que a sustentam, as ferramentas computacionais que apoiam o tratamento e exploração dos dados, bem como os algoritmos mais relevantes aplicados ao longo do estudo.

O capítulo 3, apresenta-se o enquadramento teórico associado à aprendizagem automática, incluindo os seus princípios fundamentais, bem como as ferramentas computacionais que apoiam o tratamento e exploração dos dados. São igualmente descritos os algoritmos selecionados para o estudo e a metodologia adotada para a análise dos dados, detalhando-se o processo de extração e interpretação da informação proveniente da plataforma de telemetria.

O capítulo 4, é desenvolvido o caso de estudo, descrevendo-se o processo de recolha, preparação e tratamento dos dados, bem como a caracterização das restrições analisadas. São igualmente apresentados os testes realizados com os diferentes algoritmos de aprendizagem automática, seguidos da comparação e apreciação crítica dos resultados alcançados.

No capítulo 5, são apresentadas as conclusões e perspectivas futuras relativas ao trabalho efetuado.

Por fim o capítulo 6, onde é possível verificar as referências usadas alusivas ao estudo realizado.

2 - Estado da Arte

2.1 A evolução da tecnologia V2G

O setor automóvel encontra-se em constante evolução, destacando-se os avanços nas tecnologias de carregamento bidirecional, fundamentais para a integração dos VE nos sistemas de energia. Estes carregadores, agora com taxas de transferência de energia mais elevadas, maior eficiência de conversão e dimensões reduzidas, representam um marco importante para tornar a sua implementação mais acessível e economicamente viável.

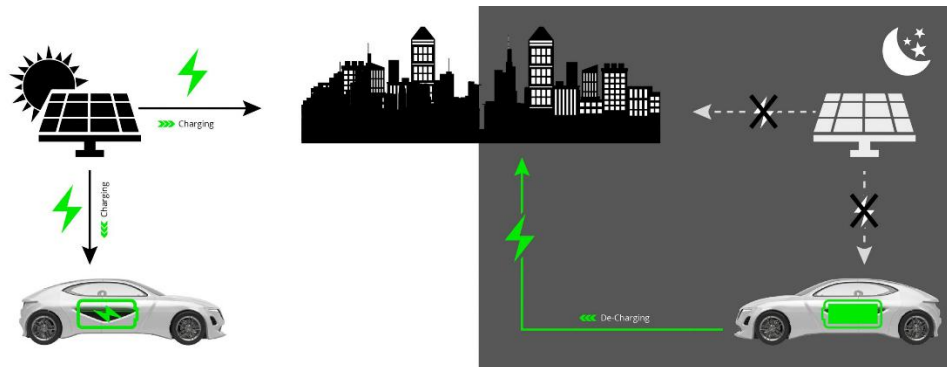


Figura 1 – Exemplo G2V e V2G[1]

No setor energético, a complexidade e a intermitência da produção renovável, como a energia eólica e solar, evidenciam a necessidade de soluções robustas para gestão de energia. Neste contexto, os carregadores bidirecionais permitem que os VE atuem como sistemas móveis de armazenamento energético. O carregador bidirecional proposto por Melo et al. incorpora funcionalidades adaptativas, operando tanto no modo grid-to-vehicle (G2V) quanto no vehicle-to-grid (V2G)[2]. Este *design* possibilita a troca de energia entre a rede e os veículos de forma eficiente, controlada e integrada com sistemas de gestão energética autónomos (EMS).

Além disso, a modularidade e confiabilidade destes sistemas facilitam a sua aplicação em cenários residenciais e comerciais, promovendo o uso otimizado de recursos renováveis. Experiências práticas demonstram a eficácia de tais dispositivos em converter residências em micro-redes inteligentes, contribuindo para um futuro energético sustentável, onde a interligação e a estabilidade são prioridades[3]. Este progresso destaca o potencial dos carregadores bidirecionais na mitigação das limitações da energia renovável.

2.2 Normas de comunicação e Infraestruturas

As normas constituem um mecanismo crucial para o avanço do desenvolvimento tecnológico no campo interdisciplinar do V2G, envolvendo múltiplos intervenientes. Através da sua normalização, assegura-se o alinhamento e o progresso, ao facilitar a colaboração e fornecer uma estrutura para a inovação. Este capítulo apresenta uma visão geral das normas relacionadas com a infraestrutura de carregamento e com a evolução da tecnologia V2G, ilustrando a sua ligação intrínseca ao desenvolvimento e implementação desta tecnologia.

2.2.1 Protocolos de Carregamento

Para garantir um processo de carregamento dos veículos elétricos (VE) eficiente e normalizado, foram desenvolvidas diversas normas ao longo do tempo. Atualmente, coexistem diferentes padrões de carregamento na indústria, adotados por várias marcas de automóveis e de sistemas de carregamento, algumas das quais desenvolveram normas proprietárias. A implementação global destas normas também varia, sendo algumas mais amplamente reconhecidas e utilizadas do que outras. Cada norma apresenta características próprias, influenciando aspetos como a velocidade de carregamento, a eficiência e a compatibilidade com carregamento em corrente alternada (AC) ou corrente contínua (DC). Entre as mais difundidas destacam-se:

- Tipo 1 (SAE J1772): Norma de carregamento utilizada sobretudo na América do Norte e no Japão [4]. Baseia-se em carregamento monofásico AC e é compatível com a maioria dos VE disponíveis no mercado. Os cabos de carregamento Tipo 1 possuem uma ficha que liga ao veículo e outra à estação de carregamento, permitindo o carregamento em postos públicos ou em sistemas domésticos.
- Tipo 2 (IEC 62196-2): Norma de carregamento predominante na Europa [5]. Suporta carregamento monofásico e trifásico AC, sendo compatível com a maioria dos VE e estações de carregamento. Os cabos Tipo 2 incluem uma função de comunicação integrada que permite à estação monitorizar e ajustar o processo de carregamento de acordo com as necessidades do veículo.

- **CCS (Combined Charging System):** Norma que combina carregamento AC e DC [6]. O conector CCS é compatível com o Tipo 2 e é utilizado principalmente na Europa e na América do Norte.
- **CHAdeMO:** Norma japonesa utilizada sobretudo pela Nissan e Mitsubishi [7] Baseia-se em carregamento DC e é compatível com determinados veículos e estações de carregamento. Atualmente, o CHAdeMO é o único protocolo de carregamento com funcionalidade bidirecional (V2G) disponível a nível global [7].

2.2.2 Integração do V2G e ISO 15118

A integração eficaz da tecnologia V2G requer normas adicionais para além das que regulam o carregamento. Embora já existam normas em vigor e em desenvolvimento, são necessárias novas normas para enfrentar os desafios emergentes e a crescente complexidade. Estas normas são fundamentais para garantir a interoperabilidade e o funcionamento harmonioso entre os VE e a rede elétrica [8].

- **Fluxo bidirecional de energia:** Normas reforçadas podem ser necessárias para otimizar a troca de energia entre os VE e a rede, considerando fatores como a estabilidade da rede e as preferências dos utilizadores.
- **Cibersegurança:** À medida que os sistemas V2G se integram na infraestrutura elétrica, a cibersegurança torna-se uma preocupação crítica. É imperativo desenvolver normas que definam protocolos de segurança e boas práticas para a comunicação e troca de dados no V2G.
- **Serviços de rede:** Normas que facilitem a integração dos sistemas V2G nas operações da rede, permitindo que os VE contribuam para serviços como regulação de frequência e resposta à procura, são essenciais [8]. Estas normas devem definir protocolos de comunicação, formatos de dados e requisitos de interoperabilidade.
- **Interoperabilidade:** É necessário reforçar a compatibilidade entre diferentes sistemas V2G, assegurando uma lógica *plug-and-play* que permita aos VE de diversos fabricantes interagir com diferentes infraestruturas de carregamento e equipamentos da rede.
- **Gestão de dados e privacidade:** O desenvolvimento de normas que abordem a gestão, partilha e proteção de dados nos sistemas V2G é indispensável para garantir práticas seguras e salvaguardar a privacidade dos utilizadores.

A norma ISO15118 destaca-se como uma norma fundamental que regula o hardware e a comunicação entre veículos e carregadores, facilitando as operações V2G. Embora a versão mais recente ainda esteja em evolução, espera-se que venha a oferecer funcionalidades

abrangentes para o V2G. Para que o carregamento e a comunicação bidirecional sejam possíveis, veículos e carregadores devem implementar a mesma versão da norma ISO15118.

O futuro da normalização no V2G vai depender da colaboração entre organizações de normalização, indústria, reguladores e investigadores. A consideração dos códigos de rede é essencial para garantir a operação do V2G em diferentes áreas. A comunicação eficaz com a rede elétrica é crucial para maximizar o potencial do V2G. Para a sua implementação plena, é necessário desenvolver protocolos robustos de comunicação, hardware compatível e sistemas de controlo eficientes. Isto inclui assegurar a interoperabilidade entre equipamentos de diferentes fabricantes, modernizar a infraestrutura da rede e estabelecer enquadramentos regulatórios que apoiem a integração do V2G.

Adicionalmente, a criação de modelos de negócio sustentáveis será determinante para incentivar a participação de todos os intervenientes, assegurando a viabilidade económica e a adoção generalizada da tecnologia V2G. A norma decompõe-se em nove partes[9]:

- **ISO 15118-1:** Fornece informações gerais e define casos de uso, especificando os objetivos e a terminologia da norma;
- **ISO 15118-2:** O núcleo da norma, descreve os requisitos técnicos para as mensagens da camada de aplicação, permitindo a comunicação de alto nível entre o veículo e a estação de carregamento;
- **ISO 15118-3:** Define os requisitos das camadas física e de ligação de dados para carregamento por cabo, incluindo a integração com a norma IEC 61851 para sinais analógicos de segurança e comunicação digital avançada;
- **ISO 15118-4 e -5:** Focam-se em testes de conformidade para os requisitos das partes 2 e 3, avaliando a validade de dados e sistemas, como veículos e estações de carregamento;
- **ISO 15118-6 e -7:** Originalmente destinadas a especificar casos de uso e requisitos para comunicação sem fios, estas partes foram incorporadas nas edições posteriores da norma ISO 15118-1 e 15118-2;
- **ISO 15118-8:** Especifica requisitos técnicos para a comunicação de carregamento sem fios nas camadas física e de ligação de dados;
- **ISO 15118-9:** Define testes de conformidade para a parte 8, assegurando padrões de qualidade na comunicação sem fios.

A imagem a seguir apresenta a relação de interligação entre as diversas camadas:

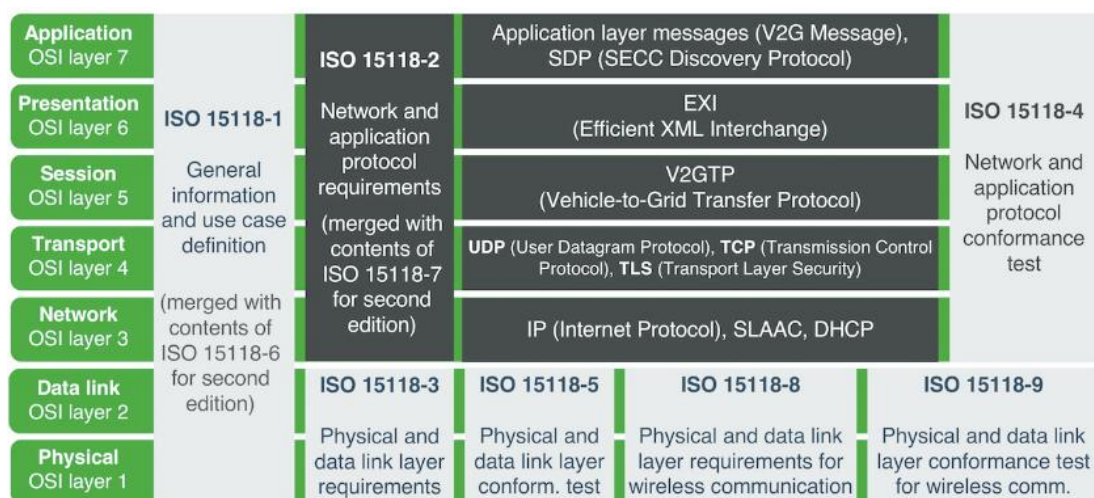


Figura 2 – ISO 15118 e a sua relação com as camadas de Interligação[10]

2.2.3 Infraestrutura elétrica

A infraestrutura elétrica desempenha um papel essencial na modernização das redes elétricas, permitindo a troca de dados em tempo real e a gestão eficiente entre fornecedores de energia, consumidores, veículos elétricos e outros intervenientes no ecossistema energético. Este sistema expande as funcionalidades dos contadores inteligentes tradicionais, oferecendo uma abordagem mais integrada e tecnológica à gestão da energia. Sendo a comunicação bidirecional um dos elementos fundamentais, permitindo a troca de informações entre fornecedores de energia e consumidores.

Por meio de redes de comunicação confiáveis, os dados sobre padrões de consumo de energia podem ser recolhidos em tempo real, enquanto os utilizadores recebem atualizações dinâmicas sobre tarifas, condições da rede e os seus próprios hábitos de consumo [11]. Este sistema também suporta a integração de infraestruturas de carregamento de VE, gerindo a procura de forma eficiente e evitando sobrecargas durante horários de maior consumo. Além disso, possibilita a recolha detalhada de dados de medição, utilizando sensores e contadores inteligentes para monitorizar a saúde da rede e os picos de procura. Estes dados são processados em sistemas de gestão centralizados, permitindo aos operadores identificar ineficiências e planejar investimentos em infraestruturas de forma mais estratégica. A integração com fontes de energia renováveis, como a solar e a eólica, também é facilitada pela infraestrutura, que ajusta dinamicamente os horários de carregamento dos VE para maximizar a utilização de energia limpa [12].

Entre os benefícios oferecidos está a visibilidade aprimorada da rede, permitindo uma gestão proativa para responder a flutuações na procura e oferta. A infraestrutura apoia modelos de tarifas dinâmicas, como o *Time-of-Use* (TOU), que incentiva os utilizadores a carregarem os seus veículos durante períodos de menor custo ou de maior disponibilidade de energia renovável. Este tipo de modelo não só promove um uso mais eficiente dos recursos, como também reduz a pressão sobre a rede elétrica em horários de pico. Outro benefício significativo é a capacitação dos consumidores, que podem monitorizar o seu consumo de energia em tempo real através de portais web ou aplicações móveis. Este nível de transparência permite aos proprietários de VE tomarem decisões informadas sobre os momentos ideais para carregar os seus veículos, alinhando a conveniência pessoal com a eficiência energética [11].

No entanto, existe desafios significativos, incluindo preocupações com a segurança cibernética e a privacidade dos dados. Como o sistema recolhe grandes volumes de informações sensíveis, são necessárias medidas robustas de proteção contra acessos não autorizados e conformidade com regulamentos de proteção de dados. A escalabilidade do sistema também é um desafio, já que a adoção crescente de VE aumenta exponencialmente o volume de dados gerados [13].

Do ponto de vista económico, os custos iniciais de implementação são elevados, exigindo investimentos substanciais em hardware, software e redes de comunicação. No entanto, os

benefícios a longo prazo, como a eficiência operacional e a resiliência da rede, justificam esses gastos iniciais [12].

2.3 Estratégias de gestão em redes elétricas para VE

À medida que os veículos elétricos se tornam cada vez mais parte do ecossistema da rede elétrica, o desenvolvimento de estratégias eficazes de gestão de energia é fundamental para maximizar os seus benefícios e, simultaneamente, garantir a estabilidade da rede. Para entender como criar uma possível estratégia de gestão primeiro é importante perceber qual é a função objetivo para V2G na Tabela 1 é possível entender como diversas variáveis se relacionam para delimitar uma estratégia.

Tabela 1 - Função objetivo e restrições em V2G [14]

Função objetivo V2G		
Maximizar	Minimizar	Restrições
Lucro/Incentivos	Degradação da bateria	Comportamento de Condução no VE
Suporte de potência ativa	Desvio na Tensão	Rácio de carregamento/descarregamento
Suporte de potência reativa	Desvio na Frequência	Limitação no SOC da Bateria
Correção fator de potência	Emissões de gases estufa	Preço da eletricidade
Estabilidade da rede	Erro na curva de carga	Proprietário do VE
Suporte Energias Renováveis	Falhas de potência	Disponibilidade de VE
		Estabilidade da rede
		Limitações nos equipamentos de potência

É importante gerir o impacto que o ciclo de carga de descarga tem na rede elétrica. Assim que um veículo elétrico é ligado ao carregador elétrico torna-se um consumidor do ponto de vista da rede.; já no modo de descarregamento o veículo passa a ser um gerador. Desta forma verifica-se um impacto no perfil de carga, as perdas na rede, os possíveis desvios na tensão e frequência podem ser mitigados com métodos de otimização e com sistemas de comunicação interligados [15].

As estratégias para quando o VE está em carregamento podem ser classificadas na coordenação ou controlo do carregamento e sem nenhum tipo de controlo ou coordenação estratégica. Esta última tem um impacto negativo na rede pois pode criar sobrecarga, aumentar as perdas de potência ativa e afetar a qualidade do fornecimento energético. Quando o carregamento é coordenado de forma inteligente é possível reduzir ou mitigar todos impactos descritos anteriormente, podendo ser alcançado de duas formas: coordenação centralizada e coordenação descentralizada. Na coordenação centralizada, o fornecedor de energia é o único responsável por coordenar o carregamento do VE, pelo que este processo beneficia tanto o operador como o consumidor embora seja altamente complexo[16] . Esta abordagem permite aos fornecedores de energia gerir o processo de carregamento de acordo com as suas

necessidades e preferências. No entanto, embora este sistema ofereça autonomia aos consumidores, nem sempre resulta na solução ideal para a rede elétrica, pois os fornecedores não conseguem supervisionar diretamente as decisões individuais de carregamento.

A mudança nos hábitos de carregamento dos utilizadores pode ser incentivada através de medidas atrativas, como a introdução de tarifas dinâmicas de eletricidade, que ajustam os preços em função da procura e disponibilidade de energia. Estas estratégias incentivam os consumidores a adotar práticas de carregamento mais eficientes, contribuindo para a estabilidade da rede elétrica [14].

A estratégia de descarregamento ou V2G refere-se ao fluxo de energia entre os VE e a rede elétrica conseguindo uma série de vantagens que conferem estabilidade à rede. Os serviços que podem ser prestados por um sistema bidirecional V2G incluem: a redução do pico de carga, o suporte na energia reativa e a regulação da frequência e tensão. Por seu lado, a infraestrutura em bi-V2G consiste num carregador bidirecional em conjunto com o sistema de comunicação o que torna mais caro que um carregador unidirecional [17]. Resumidamente, esta estratégia utiliza a capacidade dos VE tem como fontes de armazenamento temporário, fornecendo energia assim que seja dado o comando vindo do operador para suportar a intermitência das fontes de energia renováveis. A estratégia V2G impõe desafios como: a degradação da bateria nos VE e o seu limite de tensão, limite na produção e limite térmico nas linhas de transporte. Um dos principais problemas é a degradação da bateria devido a ciclos frequentes de carga e descarga, bem como a complexidade de um carregador bidirecional que requer hardware adicional. Por motivos de segurança os proprietários de VE pretendem, normalmente, adquirir um elevado nível de carga da bateria contando com eventos inesperados durante viagens.

2.4 - Veículos elétricos e o seu papel nos sistemas energéticos

Existiu uma incrível transformação desde a introdução do primeiro veículo elétrico no início século XIX, evoluindo de protótipos rudimentares até às mais sofisticadas máquinas, que foram pivô na transição global em direção a um meio de transporte mais sustentável. Esta secção tem como objetivo providenciar uma profunda análise nos avanços tecnológicos nos veículos elétricos, focando no design do sistema de transmissão (*powertrain*), sistemas de armazenamento de energia e a integração de tecnologias em desenvolvimento como a ligação V2G.

2.4.1 Visão geral da tecnologia dos veículos elétricos

O *powertrain* está no centro da inovação dos VE, tendo-se assistido a uma substancial inovação em direção a eficiência, performance e fiabilidade. Os principais componentes deste sistema incluem: o motor elétrico, eletrónica de potência, transmissão e o pack de baterias – tendo estes recebido, recentemente, avanços focados na otimização, de modo a terem potências mais elevadas, sistemas térmicos mais eficientes e reduzir as perdas. A integração e introdução de *silicon carbide* (SiC) nos semicondutores melhorou substancialmente a redução de perdas causadas pelo aquecimento destes componentes. Assim como o desenvolvimento dos motores síncronos de ímãs permanentes contribuíram para uma performance superior, uma elevada eficiência e densidade energética [18].

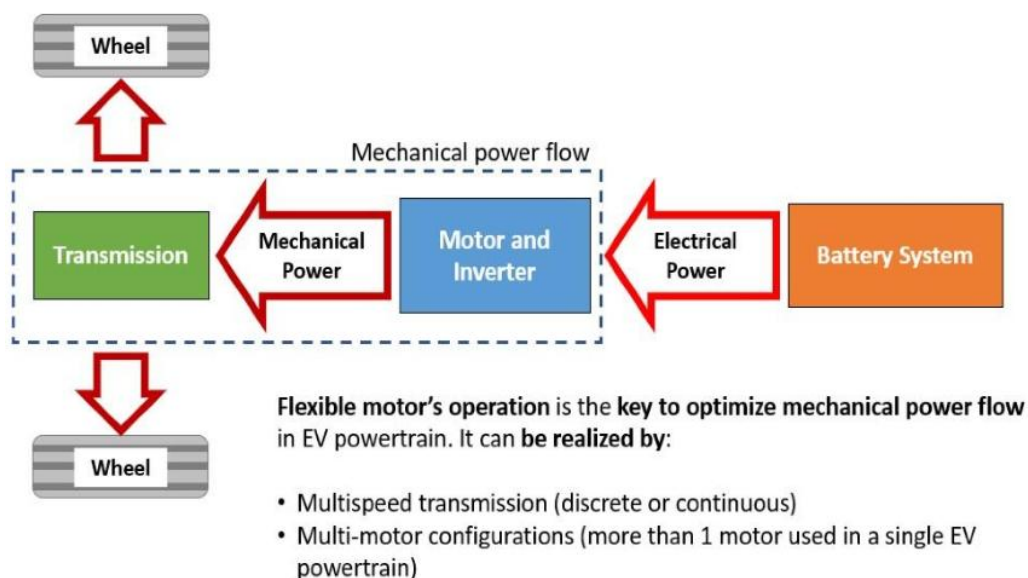


Figura 3 – Exemplo de um *powertrain* elétrico [18]

Tecnologias emergentes como *Internet of Things* (IoT), inteligência artificial (IA) e *machine learning* estão a ser integradas nas capacidades de um veículo elétrico revolucionando ainda mais a indústria. IoT facilita a transmissão de dados em tempo real entre os veículos e sistemas externos, permitindo funcionalidades como diagnósticos remotos, atualizações remotas de software e a comunicação com infraestruturas como a rede elétrica[19]. Algoritmos

de IA e *machine learning* estão a ser usados para efeitos de condução preventiva, otimização de consumo de energia e no melhoramento da condução autónoma [20]. Em particular, para efeitos de otimização de consumo de energia, estão a ser usadas na gestão de baterias fornecendo dados com maior precisão acerca do estado de carga das baterias, prolongando, desta forma, a longevidade das mesmas; assim como a performance e a fiabilidade – sendo este um aspeto importante a considerar quando se pretende utilizar um VE para fornecimento de energia na rede elétrica. Com a conexão contínua dos VE à internet aumenta também a sua suscetibilidade a ataques cibernéticos, com potenciais vulnerabilidades como o acesso não autorizado do veículo e na fuga de dados do sistema.

A implementação de medidas robustas de cibersegurança como protocolos de comunicação encriptados e sistemas de deteção de um potencial ataque, são fulcrais no combate as ameaças [21]. Adicionalmente, com a proliferação de vários protocolos de carregamento e comunicação, surgem desafios na operacionalidade das medidas de segurança. Com efeito, esforços têm sido conduzidos de forma estabelecer normas universais para garantir a integração suave entre VE e infraestruturas de carregamento, facilitando desta forma o seu uso e adoção.

2.4.2 Tecnologia de baterias e armazenamento de energia

A evolução da tecnologia das baterias tem sido uma das grandes condutoras no desenvolvimento de VE. As primeiras baterias a ser utilizadas em VE eram de chumbo-acido, que eram caracteristicamente são pesadas, oferecendo um alcance muito limitado devido à sua reduzida densidade energética. A descoberta da bateria de iões de lítio marcou um passo significativo ao ser comparado com tecnologias mais antigas, proporcionando: uma densidade energética superior, uma maior longevidade, menor peso, inovações como as baterias de estado sólido, prometendo ainda mais avanços na densidade energética e segurança [22]. Sistemas de gestão de baterias são essenciais para monitorizar e otimizar o desempenho das mesmas, assegurando a segurança, longevidade e eficiência. Estes sistemas têm algoritmos avançados, análise e processamento de dados em tempo real de forma a gerir os ciclos de carregamento e descarregamento assim como as condições térmicas e estado de vida das baterias.

Nos tipos de baterias principais incluem-se:

- **Iões de lítio (Li-Ion):** estas baterias tornaram-se o standard no uso para veículos elétricos devido as suas características. A sua elevada densidade energética, que se traduz num maior alcance por carregamento e uma maior longevidade. Contudo existem preocupações com a sua segurança, custo e impacto ambiental devido à necessidade do uso de cobalto mineral raro e de elevado impacto na natureza durante a sua extração[23].

- **Fosfato de ferro-lítio (LFP):** as LFP começaram a ganhar algum valor no mercado, principalmente na China, devido ao seu perfil de segurança, longevidade e custo. Ao contrário das Li-Ion, estas não precisam de cobalto ou níquel, sendo que desta forma reduzem o impacto ambiental e a pressão socioeconómica, já que não se recorre à extração de minerais raros. No entanto, tipicamente, oferecem uma menor densidade energética o que impacta o alcance do veículo, precisando de mais baterias e mais recursos para fazer o mesmo percurso que as baterias Li-Ion seriam capazes de efetuar [24].

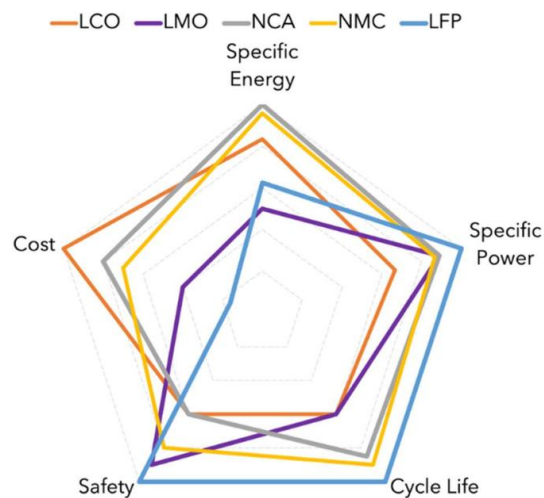


Figura 4 – Comparação das principais métricas de desempenho de químicas populares de cátodos de íões de lítio [24]

- **Estado sólido:** ainda que seja uma tipologia de bateria em desenvolvimento, constitui uma tecnologia promissora. Estas baterias trocam o eletrólito líquido por sólido, aumentando desta forma a segurança e o potencial de incremento da densidade energética. Empresas como a Toyota e Volkswagen estão a investir de forma acelerada nesta tecnologia, objetivando a sua comercialização durante os próximos anos. Um dos grandes desafios é a formação de dendrites e a sua manufatura e escalabilidade [25].

No anexo A encontram-se mais informações sobre a descrição destas e outras tecnologias.

A capacidade de armazenamento energética dos VE está a estender-se para além do uso automotivo, verificando-se oportunidades de integração com a energia renovável e estabilização da rede elétrica.

Alguns dos desafios que as baterias apresentam é a procura de material de produção, o impacto ambiental, a densidade energética e ansiedade dos consumidores dos VE em relação ao seu alcance. A extração de minerais como o lítio, o cobalto e o níquel levantam grandes

preocupações ambientais e éticas [26] Estão se a realizar esforços para desenvolver baterias que usem materiais ou minerais mais abundantes e menos tóxicos para o ambiente, sendo um exemplo a bateria de íons de sódio, que está a ser explorada, como alternativa de melhor custo e sustentabilidade [27]. Melhorar a densidade energética é crucial para estender autonomia do veículo de modo que a ansiedade existente em relação aos VE seja gradualmente minimizada entre os consumidores. As infraestruturas de carregamento e o tempo de carregamento são partes vitais para o uso de VE. Existem atualmente desenvolvimentos para que as baterias aguentem carregamentos ultrarrápidos acima de 250A e outras que carreguem ultrarrápido durante um breve período de tempo [28] para mitigar aglomerações nos postos de carregamento. Isto cria uma procura ainda mais elevada na rede elétrica, sendo fulcral garantir a estabilidade da mesma para aguentar estes altos picos de necessidade. Destaca-se também uma indústria em crescimento: reciclagem e segunda vida para as baterias, tornando o negócio das baterias mais sustentável e económico[29].

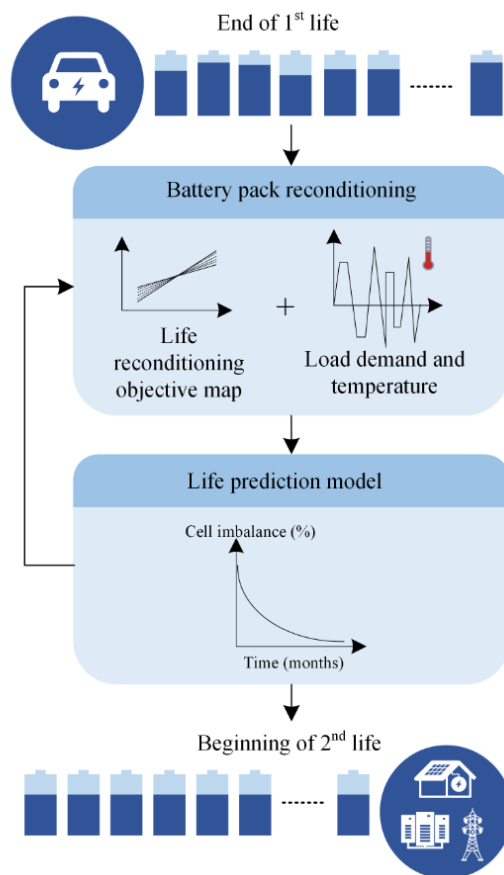


Figura 5 – Esquema de recondição de baterias para segunda vida [29]

2.4.3 Tecnologia de carregamento bidirecional

O carregamento bidirecional, normalmente remete para a ligação entre os veículos elétricos e a rede elétrica, pelo que esta tecnologia está a transformar a forma de como se realiza a interligação entre os VE e a rede. Assim é possível que o fluxo de energia seja em duas direções:

- da rede para o veículo - para o carregar,
- do veículo para a rede - como fonte de energia, quando a rede está num período onde a procura é elevada, entrando num pico de energia, ou durante emergências.

Ao aproveitar a energia armazenada nas baterias dos VE, esta tecnologia oferece potenciais benefícios para estabilização da rede elétrica, na integração de energias renováveis e incentivos para os utilizadores de veículos elétricos [30].

A tecnologia *vehicle-to-grid* permite que os veículos elétricos funcionem como uma reserva móvel de energia que pode dinamicamente interagir com a rede elétrica. Esta dinâmica é facilitada através de carregadores bidirecionais que gerem o fluxo de energia de e para as baterias dos VE.

Este processo envolve componentes chave:

Carregadores bidirecionais: estes equipamentos são capazes de carregar e descarregar a bateria de um ou vários veículos elétricos para a rede elétrica, existem vários tipos de carregadores como AC monofásicos, AC trifásico, AC-DC.

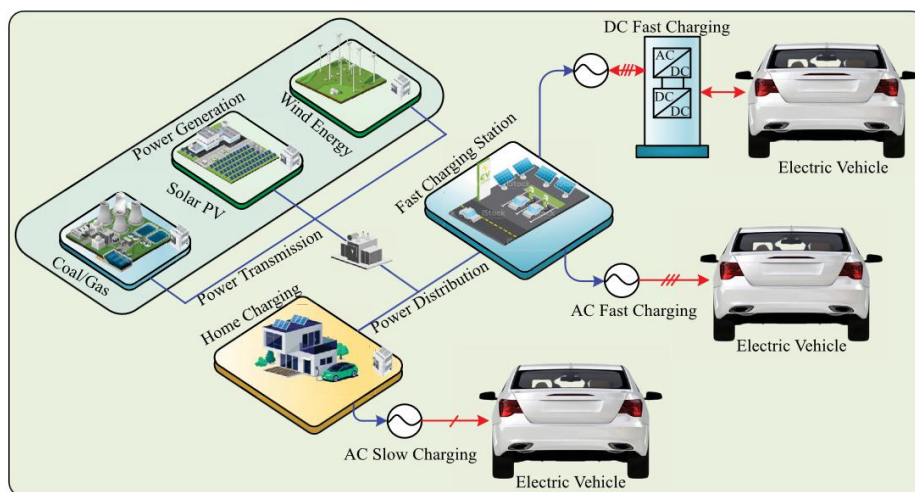


Figura 6 – Infraestrutura de carregamento [31]

1. Os carregadores bidirecionais de corrente alternada monofásicos são usados normalmente em habitações, parques de estacionamento. Estes podem ter uma potência até aos 3,6kW, devido à sua facilidade de instalação e menor necessidade na intervenção da instalação elétrica em estruturas já limitadas pelo

espaço, com acesso a mais energia da rede. Por estas razões os carregadores bidirecionais são dos mais utilizados. Para estes funcionarem não só da rede para o VE mas também do VE para a rede elétrica, o próprio veículo precisa de um carregador *onboard* de modo a gerir o fluxo de energia do veículo para a rede. No entanto, devido à sua limitação de potência são mais utilizados para fornecer energia à habitação a que estão conectados. Nesta situação o quadro da habitação faz o desacoplamento momentâneo da habitação para a rede elétrica ficando somente o veículo a proporcionar energia de forma automática à habitação.

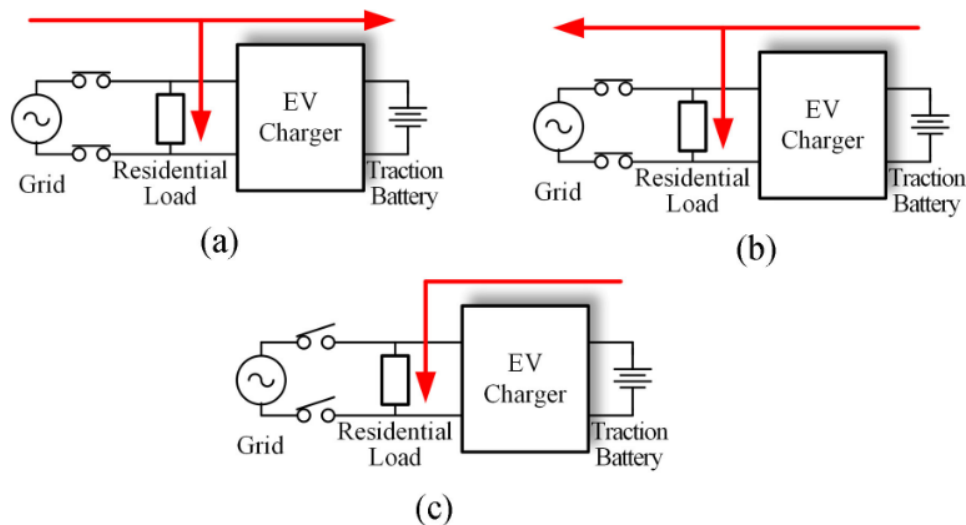


Figura 7 – Modos de funcionamento do carregador EV bidirecional. (a) Modo G2V.

(b) Modo V2G. (c) Modo V2H (*Vehicle-to-Home*)[32]

- Os carregadores bidirecionais de corrente alternada trifásicos são semelhantes aos monofásicos, porém são mais caros e a sua integração na instalação elétrica de uma habitação ou parque de estacionamento também é mais dispendiosa, necessitando de mais espaço. Este aspeto traz vantagens como um carregamento mais rápido com uma potência até 20kW e a capacidade de providenciar a energia necessária para uso total de todas as funções de uma habitação convencional que diverge dos 5kW até aos 16kW [33]. Contudo os VE necessitam de um carregador *onboard* capaz de transformar estas potências para a rede.

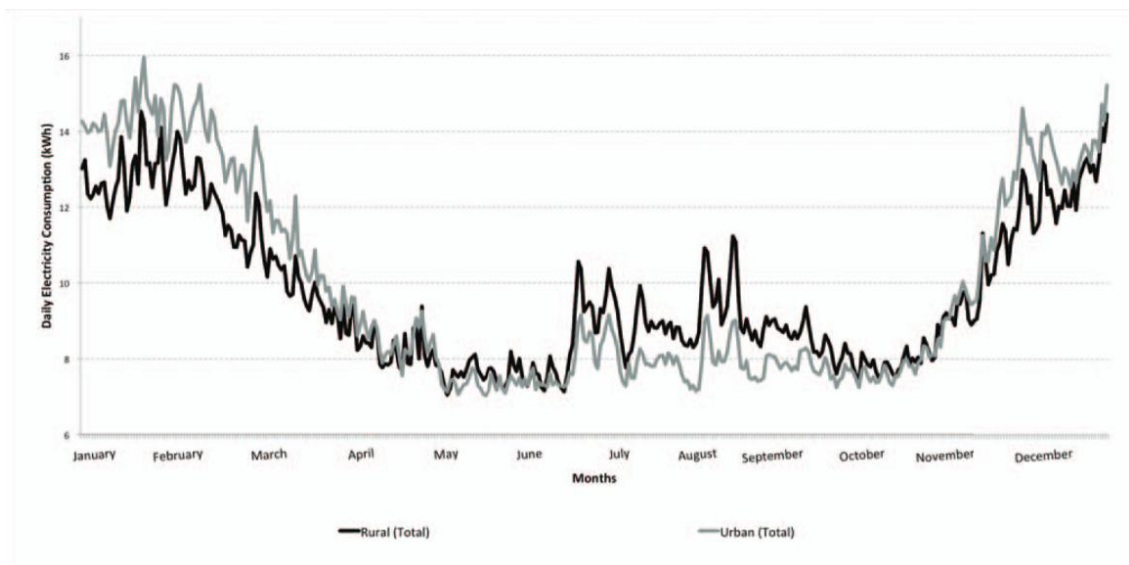


Figura 8 – Média diária do consumo total de eletricidade para as casas rurais e urbanas [33]

- Os carregadores bidirecionais AC-DC têm a componente de transformação de corrente alternada para corrente contínua utilizada pelo veículo com integração dentro do carregador e não no VE. São mais usados em grandes espaços com acesso a uma forte ligação à rede devido às potências que podem fornecer por carregador podendo atingir os 150kW. Como a ligação ao veículo é em CC o uso desta tecnologia para usar como um fator de estabilidade da rede elétrica - ligando inúmeros veículos mesmo tempo - é de elevada eficácia para gestão de picos ou emergências.

Para todos estes tipos de carregadores é necessário um de comunicação eficaz e robusto entre os VE, a estrutura de carregamento e os operadores da rede elétrica como a ISO 15118 e OpenADR como mencionado no capítulo 2.2.1

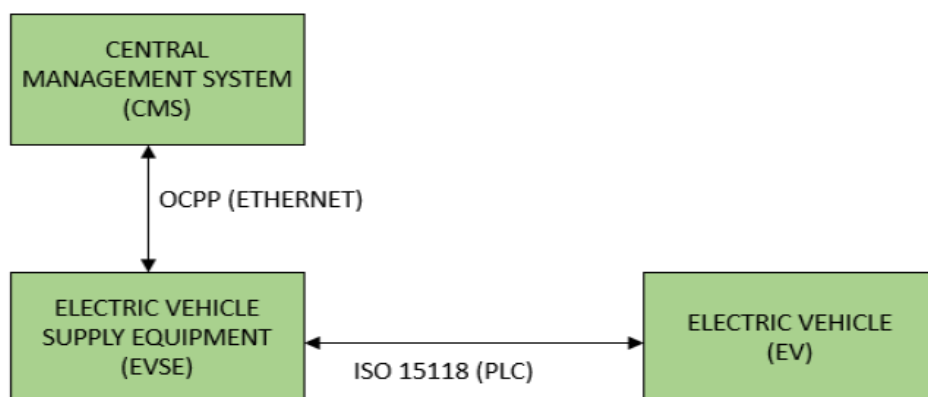


Figura 9 – Diagrama de blocos do simulador de carregamento de VE [35]

A estabilização da rede elétrica e a sua fiabilidade é uma das vantagens que esta tecnologia traz. Ao agregar múltiplas baterias para armazenamento de energia de vários VE, é possível regular a frequência e diminuir os picos especialmente quando existe uma grande necessidade de consumo ou de absorção de energia.

Outra das vantagens é a integração de energias renováveis, devido à sua natureza de produção de energia elétrica intermitente, usar as baterias dos VE ligados à rede em qualquer período do dia é uma forma muito eficaz de armazenar esta energia em excesso, que de outra forma é desperdiçada ou não consumida. Assim pode ser utilizada num período que seja de facto necessário sem existir a necessidade de ativar centrais de combustíveis fósseis para mitigar esta lacuna das energias renováveis.

Em emergências, ter esta capacidade de transferir a energia utilizável do veículo pessoal para uso de diário de uma habitação é um grande benefício, em caso de o utilizador ficar sem ligação à rede elétrica, ainda pode utilizar a energia dos VE para sustentar partes críticas de uma habitação, desta forma aumenta a resiliência dos utilizadores contra situações de calamidade. Na Cidade de Hamburgo efetuou-se um estudo para avaliar o uso de autocarros elétricos como fonte de emergência portátil. Com os dados obtidos das áreas da cidade calculadas, foi possível determinar que estas fontes de energias poderiam substituir o gerador a diesel em caso de calamidade fornecendo a energia necessária à operação da cidade. Embora existam aspetos técnicos como a disponibilidade de carregadores bidirecionais, sendo ainda um dos fatores limitativos na prática, contudo é possível analisar a simulação realizada onde existem 600kW de potência disponíveis na Figura 10 com uma gestão em que é considerado sempre um buffer [36].

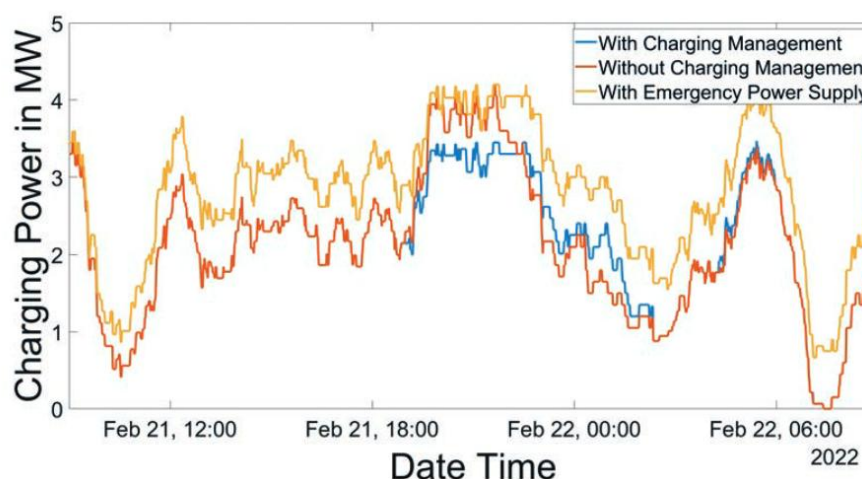


Figura 10 – Comparação com e sem gestão de carregamento bem como em caso de emergência [36]

2.4.4 Impacto dos veículos elétricos na sustentabilidade e na descarbonização

Tem-se vindo a verificar que a eletrificação à escala global dos transportes rodoviários tem o potencial de reduzir as emissões de gases de estufa durante as próximas décadas. O setor dos transportes é responsável por praticamente 18%-20% dos gases de estufa a nível mundial [37], como se pode observar na Figura 11 onde os veículos de estrada representam 78% dessas emissões [38], verificado pela Figura 12. Embora seja importante ter em conta o fator de emissões provocadas pela produção de VE, estas vão ser superadas pelas reduções resultantes da troca de veículos a combustão interna para VE. Prevê-se uma redução de 2Gt de CO₂ ou equivalente até 2035 com a transição para VE e com algumas melhorias nos sistemas de combustão interna [39].

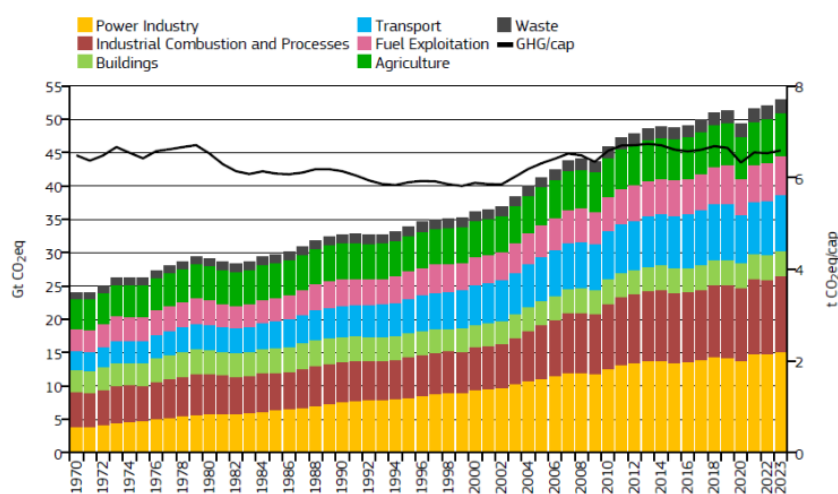


Figura 11 – Emissões globais de GEE por setor (eixo esquerdo, barras) e per capita (eixo direito, linha preta), 1970-2023 [37]

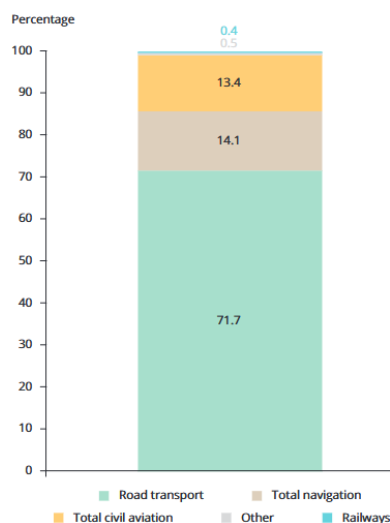


Figura 12 – Percentagem de emissões por tipo de transporte [38]

Atualmente, já existem benefícios substanciais na redução de emissões ao trocar um veículo a combustão para um veículo elétrico considerando todo o ciclo de vida, que inclui:

emissões associadas com a produção do veículo, bem como as emissões produzidas pela estrutura necessária para fornecer a energia para a movimentação. A descarbonização da rede elétrica em todo o mundo é importante para minimizar o impacto ambiental dos VE[39]. Assim, é crucial existir uma rede inteligente e adaptativa com os VE como uma das fontes de energia sempre que as energias renováveis não consigam acompanhar a procura tornando a rede elétrica cada vez mais verde e autossustentável. Com isto, é possível cumprir as metas de diminuição de gases de estufa e superar as mesmas.

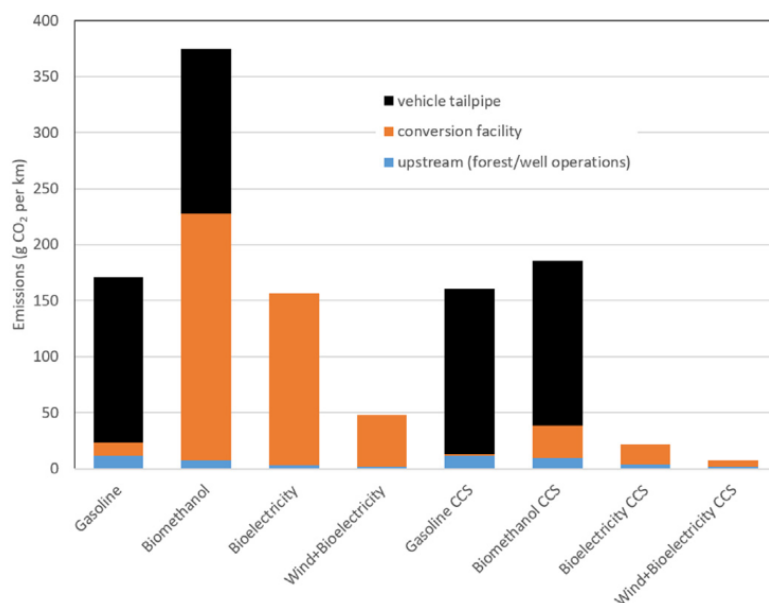


Figura 13 – Emissões específicas de CO₂ na operação de um automóvel, CCS (*Carbon Capture System*) [40]

2.5 - Redes elétricas e armazenamento de energia

2.5.1 Tipos de redes elétricas: Visão geral

Com o crescente papel dos veículos elétricos como unidades de armazenamento de energia, observa-se uma mudança da estrutura de gestão da rede elétrica nos vários setores, nomeadamente o setor residencial, da agricultura e o industrial. Cada tipo de rede representa uma procura operacional distinta, consumos dinâmicos e requisitos de resiliência únicos. Avanços recentes no carregamento bidirecional, nos protocolos de comunicação como a ISO 15118 e a gestão de estratégias de energia, possibilitam que os VE funcionem não só como cargas flexíveis, mas também como sistemas de armazenamento descentralizados [41]. Estes desenvolvimentos facilitam a estabilização crescente de rede com dependentes renováveis, e assim traçam o caminho para uma maior sustentabilidade de redes descentralizadas.

2.5.1.1 Redes domésticas autossustentáveis

O conceito para redes domésticas autossustentáveis normalmente refere-se a micro-redes. Estas têm ganho uma tração significativa na transição global para a descentralização e em sistemas de baixa emissão de carbono. Estes sistemas são tipicamente caracterizados pela integração da produção de energia renovável local, como telhados fotovoltaicos, sistemas de baterias, dispositivos com inteligência, e cada vez mais VE com capacidade bidirecional no fluxo de energia. Nestas configurações, os VE emergem não só como um meio de transporte, mas com outra vertente crucial: o armazenamento de energia flexível, que desta forma reforça a resiliência, flexibilidade e eficiência econômica de uma rede residencial. Um dos principais benefícios de incorporar os VE nas micro-redes domésticas é a maximização da energia renovável para autoconsumo. Sem o armazenamento flexível, o excesso de energia gerado pelos painéis solares durante o dia seria exportado para a rede elétrica com um rácio de tarifas desfavorável ao produtor doméstico. A capacidade dos VE de armazenarem essa energia, que de outra forma seria "desperdiçada", garante que grande parte dela possa ser utilizada localmente, melhorando assim o retorno econômico do investimento realizado nos painéis solares ou em outra fonte de energia renovável K. M. Tan et al. demonstraram [42], através de simulações, que redes residenciais coordenadas inteligentemente podem aumentar o autoconsumo de energia solar na ordem dos 40% até 68%, reduzindo substancialmente a dependência das importações de energia de uma residência em relação à rede elétrica pública, tornando-a mais autónoma.

Ainda, a introdução de VE como unidades de armazenamento de energia dentro das micro-redes oferece benefícios significativos de resiliência. No caso de eventos (como o apagão ibérico de 2025 [43]) que criem perturbações ou cortes de energia prolongados, a bidirecionalidade proporcionada pelos VE torna-se crítica para as cargas residenciais, como frigoríficos, dispositivos de comunicação, luz e equipamentos médicos. Um caso real vindo do Japão após o terramoto de Tōhoku em 2011 e o subsequente tsunami destacou a viabilidade prática de sistemas V2H para manter operações essenciais numa residência durante uma catástrofe energética. O programa Nissan *Leaf-to-Home* demonstrou que um único Nissan Leaf totalmente carregado, com 24 kWh de bateria, foi capaz de abastecer, em média, uma residência japonesa com os bens essenciais durante aproximadamente dois dias [44]. Com VE cuja capacidade é superior, com baterias de 70–100 kWh, o potencial para uma maior segurança energética aumenta.

Contudo, a operação otimizada de VE dentro de redes domésticas requer uma gestão de energia sofisticada, capaz de balançar múltiplos sistemas e, às vezes, competir com objetivos, que incluem: manutenção do estado de carga suficiente para usar o VE em deslocações; maximização do lucro durante os picos de procura e despacho, bem como a preservação do estado da bateria, minimizando ciclos de descarga profundos. Sistemas avançados de gestão da energia de uma residência (HEMS) aplicam algoritmos preditivos que utilizam: dados históricos de consumo, estado da meteorologia em tempo real, tarifas dinâmicas e o uso dinâmico do ciclo de carregamento pelo utilizador no seu VE [45]. Os modelos de controlo preditivo

incorporam aproximações com otimização estocástica e *machine learning*, mostrando-se uma promissora dinâmica para otimizar o uso do VE sem comprometer o conforto do utilizador ou a longevidade da bateria [46].

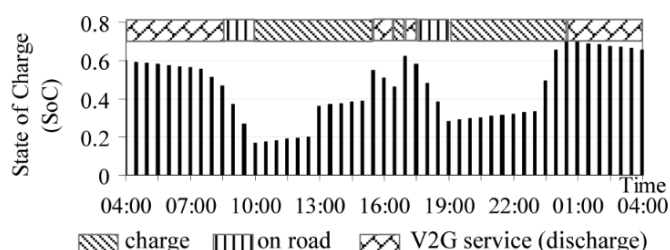


Figura 14 – Estado de carga de um VE durante um dia [46].

A degradação da bateria continua a ser uma preocupação no uso de VE como fontes de armazenamento estacionárias. Baterias de lítio experienciam degradação por: mecanismos como a fadiga do material do eletrodo, decomposição do eletrólito e o crescimento de eletrólitos sólidos, processos estes, que estão relacionados com ciclos de descarregamento profundos e a elevada corrente [47]. Um estudo sugere que limitar as operações V2H dentro de valores de SoC moderados (20%–80%) e controlar as potências de carga ou descarga pode mitigar este problema drasticamente [48]. Durante testes recentes, como o *Parker Project* na Dinamarca, verificou-se que, com algoritmos de controlo otimizados, a degradação atribuída a atividades V2G ou V2H manteve-se abaixo dos 2% durante dois anos de teste, suportando uma economia viável com a estratégia de integração desenvolvida [49].

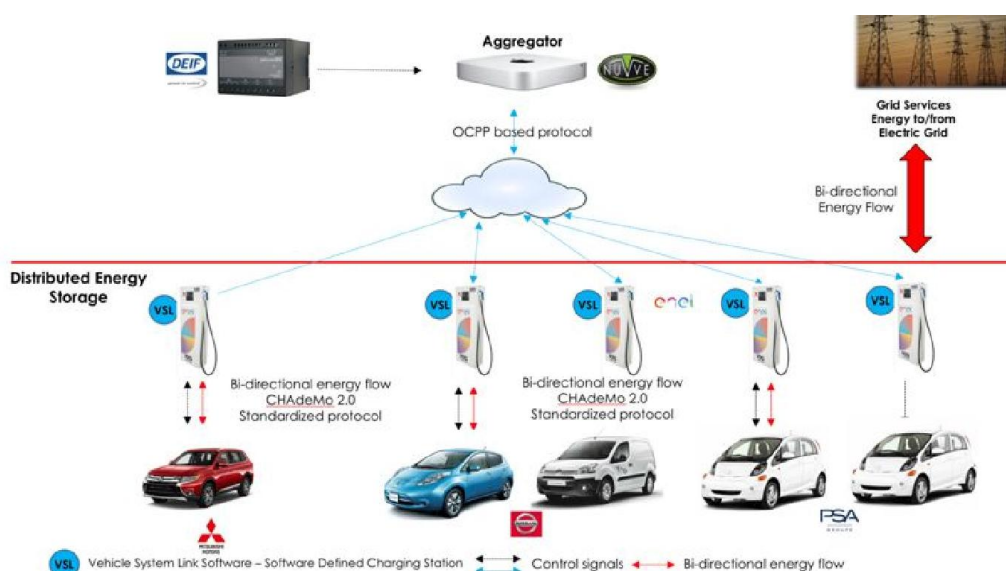


Figura 15 – Parker Project [49].

A viabilidade técnica da integração dos VE em redes domésticas autossustentáveis tem sido amplamente impulsionada pelo desenvolvimento de normas internacionais de

comunicação e interoperabilidade. Protocolos como o ISO 15118 permitem uma comunicação fluída, segura e automatizada entre os VE, os postos de carregamento e os sistemas de gestão de energia doméstica (HEMS), facilitando operações V2H de forma intuitiva e sem necessidade de intervenção manual [10]. Adicionalmente, o protocolo *Open Charge Point Protocol* (OCPP) 2.0.1 fornece uma plataforma padronizada para a gestão de funcionalidades de carregamento inteligente, tarifação dinâmica e diagnósticos remotos, assegurando que dispositivos heterogéneos de diferentes fabricantes possam operar de forma coesa dentro das micro-redes residenciais. Para além dos aspetos técnicos, as estruturas regulatórias e de mercado terão um papel determinante na escalabilidade das soluções V2H. Em regiões onde estão disponíveis tarifas dinâmicas de eletricidade, os VE podem participar em operações de arbitragem energética — carregando durante períodos de preços grossistas baixos e descarregando quando os preços atingem picos — gerando assim poupanças financeiras para os proprietários. Além disso, começam a emergir quadros para comércio de energia entre pares (*peer-to-peer*, P2P), permitindo que o excedente de energia armazenada nas baterias dos VE possa ser vendido diretamente a vizinhos, reforçando ainda mais a viabilidade económica das redes domésticas autossustentáveis [50]. Em última análise, a integração dos VE em redes domésticas autossustentáveis representa uma mudança profunda em direção a sistemas energéticos descentralizados, onde os consumidores evoluem para consumidores instruídos, produzindo e gerindo a sua própria energia. Embora persistam desafios técnicos relacionados com: a saúde das baterias; a precisão das previsões; a aceitação por parte dos utilizadores; a convergência entre inovação tecnológica; reformas regulatórias favoráveis e o comportamento do consumidor em transformação. Não obstante, considera-se que poderá haver um futuro promissor para habitações inteligentes com capacidade V2H, no contexto mais amplo da transição energética sustentável.

2.5.1.2 Redes elétricas agrícolas

A eletrificação das operações agrícolas, tradicionalmente suportadas por motores a combustão e sistemas baseados em gasóleo, representa uma oportunidade concreta para a descarbonização do setor agroalimentar e para a modernização dos sistemas energéticos rurais. Similarmente às redes domésticas, também nas explorações agrícolas o foco desloca-se para soluções descentralizadas, inteligentes e com capacidade de integração de fontes renováveis locais. Neste novo paradigma, os veículos elétricos agrícolas como tratores, semeadoras e pulverizadores, deixam de ser vistos apenas como equipamentos operacionais, passando a assumir uma função estratégica enquanto unidades móveis de armazenamento de energia. Assim, os veículos elétricos agrícolas, integrados numa rede energética coordenada a nível da exploração, apresentam-se como ativos que reforçam não só a sustentabilidade das operações, como também a sua resiliência e flexibilidade perante oscilações de disponibilidade energética. Um aspeto particularmente relevante neste contexto é o carácter sazonal da atividade agrícola, o qual se traduz em padrões de consumo energético altamente variáveis. Durante as campanhas de sementeira e colheita, a procura de energia atinge picos significativos devido ao uso intensivo da maquinaria. Em contraste, nos períodos de menor atividade agrícola, a procura energética decresce substancialmente. A bidirecionalidade dos veículos elétricos permite, assim, a sua utilização como amortecedores energéticos: carregando durante os períodos de

excedente de produção renovável como nos picos solares ao meio-dia e descarregando para suprir necessidades operacionais críticas.

As simulações conduzidas por Wallander et al. [51] em duas explorações agrícolas na Suécia demonstraram que, com uma configuração otimizada de capacidade de bateria (250 kWh por unidade) e ligação à rede elétrica (800 kW), um sistema elétrico baseado em troca de baterias consegue realizar as tarefas agrícolas com apenas 5% de aumento de tempo face ao sistema a diesel, e com uma redução energética de cerca de 62,5%. Sem esta gestão integrada, com recurso a um armazenamento flexível, o excesso de energia produzida localmente - particularmente através de sistemas fotovoltaicos - poderia ser desperdiçado ou exportado para a rede em condições economicamente desfavoráveis. Ao armazenar localmente esta energia nos veículos, maximiza-se o autoconsumo e melhora-se o retorno sobre o investimento em energia renovável. Além do benefício económico, a utilização dos veículos como unidades de armazenamento cria novas oportunidades no domínio da resiliência energética. O resultado do estudo mostra que, em média, cada bateria de trator elétrico é utilizada em apenas 33 a 88 ciclos completos por ano, o que revela um elevado potencial de utilização complementar, como por exemplo, em serviços auxiliares à rede ou como fonte de energia de emergência. Em caso de perturbações prolongadas do fornecimento elétrico - cada vez mais prováveis face à crescente incidência de fenómenos climáticos extremos - estas baterias podem garantir a continuidade operacional de cargas críticas, como sistemas de irrigação, climatização de estufas e refrigeração de produtos perecíveis. A analogia com os sistemas V2H utilizados no Japão após o terramoto de Tōhoku é pertinente: à semelhança do Nissan Leaf, que demonstrou conseguir alimentar uma residência durante dois dias, os tratores elétricos com capacidades de 250 kWh poderiam manter a atividade agrícola essencial durante períodos de falha energética.

Contudo, para que este potencial se concretize plenamente, é necessária a modernização das infraestruturas elétricas rurais. Redes envelhecidas ou com baixa capacidade poderão não suportar o carregamento simultâneo de múltiplos veículos elétricos agrícolas de grande porte. Neste sentido, torna-se imprescindível a implementação de transformadores inteligentes, reguladores dinâmicos de tensão e sistemas de gestão energética descentralizados, com capacidade de regulação de carga em tempo real. Em paralelo, será também crucial o desenvolvimento de algoritmos inteligentes de agendamento operacional, capazes de alinhar o carregamento e descarga dos veículos com a previsão da disponibilidade solar, bem como das necessidades operacionais agrícolas e das condições reais da rede.

2.5.2 Desafios na estabilidade e gestão da energia

Enquanto as secções anteriores demonstraram o significativo potencial técnico dos VE como unidades de armazenamento de energia distribuídas em diferentes tipos de redes, é igualmente crucial reconhecer que a expansão da sua integração a nível sistémico expõe o sistema energético a desafios complexos de operação, infraestruturas, economia e mercado. À medida que os VE transitam de um pequeno nicho de mercado para um dos focos principais no ecossistema energético, o seu impacto cumulativo na estabilidade da rede, nas operações do

mercado, nas metodologias de planeamento e na resiliência do sistema torna-se cada vez mais pronunciado e multifacetado. Um dos desafios emergentes é a alteração dos perfis de carga tradicionais a nível da rede macro. Historicamente, as curvas de carga apresentavam padrões diários e sazonais relativamente previsíveis, permitindo aos operadores da rede otimizar a distribuição da produção e o planeamento de reservas.

No entanto, o carregamento não coordenado em larga escala de VE pode perturbar estes padrões, introduzindo picos de procura voláteis e não lineares, especialmente durante os períodos da noite, quando tanto as cargas residenciais como a procura de recarregamento de veículos atingem o pico. De acordo com a investigação de Papadaskalopoulos e Strbac, a adoção de VE sem gestão de carregamento poderá resultar num aumento de 25% a 30% nos picos de carga da noite em sistemas urbanos, sobrecarregando as redes de subtransmissão e transmissão, além dos ativos de distribuição local. Esta mudança impõe um stress adicional nos ativos convencionais de produção, forçando a operação ineficiente das centrais térmicas durante períodos prolongados de *ramp-up* e complicando os cálculos das margens de reserva.

Estreitamente ligado à mudança na dinâmica de carregamento, está a evolução do planeamento na adequação da produção e armazenamento. Os modelos tradicionais de adequação do sistema assumem um crescimento de procura relativamente estático, previsibilidade nas reservas de capacidade firme e saídas de produção controláveis. Em contraste, a integração de VE introduz uma nova classe de recursos flexíveis, mas incertos, cujo comportamento é parcialmente determinado por variáveis não técnicas, como as preferências dos consumidores, os padrões de mobilidade e as estruturas de incentivos [52].

Além das incertezas operacionais, os impactos cumulativos na inércia do sistema e na dinâmica de resposta de frequência apresentam um desafio significativo, embora muitas vezes subestimado. Elevadas penetrações de recursos baseados em inversores, incluindo renováveis distribuídos e VE, gradualmente substituem os geradores síncronos convencionais, que tradicionalmente fornecem inércia à rede, o que desacelera as variações de frequência após distúrbios. Sem inércia adequada, a estabilidade da frequência torna-se mais vulnerável a desequilíbrios súbitos entre carga e produção. Embora os VE seja uma fonte de inércia sintética ou serviços de resposta rápida à frequência; na agregação de milhares de VE distribuídos, para fornecer substitutos coerentes e fiáveis de inércia a uma escala de rede, continua a ser um campo emergente de investigação. Além disso, o potencial de resposta rápida dos VE deve ser coordenado com as configurações de proteção do sistema para evitar interações desestabilizadoras durante eventos de falha ou oscilações de tensão. Uma outra dimensão complexa advém da dupla participação dos VE nos mercados de mobilidade e de energia, o que introduz riscos de dependência entre setores. Frotas de veículos que participam intensivamente em programas V2G podem ter de equilibrar as necessidades entre fornecer serviços à rede e preservar a sua função principal de mobilidade. Durante grandes emergências (desastres naturais, ciberataques, pandemias), a necessidade de uma rápida mobilização de veículos para evacuação ou logística pode entrar em conflito com estratégias que mantêm os VE estacionados para fins de despacho de energia [53].

A economia da integração de VE em grande escala com a rede elétrica introduz ainda mais riscos sistémicos. A participação em mercados de flexibilidade, regulação de frequência e

serviços auxiliares poderia gerar receitas substanciais para os proprietários de VE e agregadores, potencialmente levando a distorções de mercado ou uma dependência excessiva da procura flexível sem planeamento a longo prazo. Com efeito, a dependência excessiva de recursos agregados de VE, sem garantias claras de desempenho, poderia desestabilizar os mercados de energia durante períodos de baixa participação ou durante perturbações na mobilidade. Os quadros regulatórios devem evoluir para garantir que os serviços baseados em VE sejam tratados dentro de uma arquitetura de mercado com gestão de risco, assegurando desempenho e incentivando a fiabilidade, precisão da resposta e resiliência [54]. O desenho de esquemas de compensação para agregação, estruturas de penalização por não entrega e a sobrecarga de mercados de seguros ou capacidade de *backup* será crucial para integrar a flexibilidade dos VE de forma sustentável.

Além disso, a eletrificação rápida da mobilidade e a sua integração nos sistemas de energia cria desafios profundos de equidade e acessibilidade a nível sistémico. As populações mais abastadas, que têm maior probabilidade de possuir VE e equipamentos de carregamento doméstico, podem beneficiar de forma desproporcionada de incentivos à flexibilidade da rede, tarifas dinâmicas e pagamentos por serviços auxiliares. Por outro lado, as comunidades de baixo rendimento e as mais carenciadas, frequentemente a viver em habitações multifamiliares sem estacionamento dedicado ou infraestruturas elétricas, podem ser marginalizadas dessas oportunidades económicas, enquanto suportam custos mais elevados para os reforços necessários à rede ou medidas de resiliência [55]. Se estas disparidades não forem tratadas as injustiças energéticas poderão agravar-se, minando o apoio público para os objetivos mais amplos da transição energética. Assim, estratégias de implementação equitativa de infraestruturas, quadros políticos inclusivos e modelos de agregação baseados na comunidade devem ser parte integrante de qualquer plano de integração sistémica dos VE na rede.

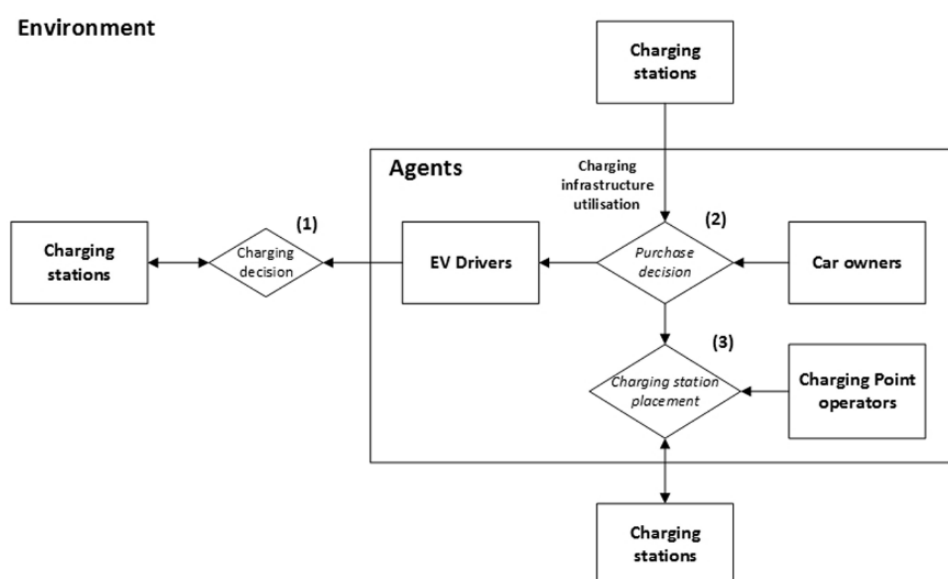


Figura 16 – Fluxograma baseado nos agentes [55].

2.5.3 O papel do armazenamento distribuído de energia na flexibilidade e resiliência da rede

À medida que os sistemas energéticos a nível global aceleram a transição para uma descarbonização profunda, a necessidade de aumentar a flexibilidade e a resiliência das redes nunca foi tão crítica. A crescente penetração de fontes de energia renovável intermitentes, como a solar e a eólica, cuja produção é inerentemente variável e dependente das condições climáticas, exige uma transformação sem precedentes na forma como o equilíbrio energético, a estabilidade do sistema e as reservas de contingência são geridas. Os sistemas de armazenamento de energia distribuída, com os VE na vanguarda, estão posicionados para desempenhar um papel indispensável na viabilização desta transformação, tanto a nível local como sistémico. Para além de simplesmente absorver o excesso de produção ou descarregar durante os picos de procura, o armazenamento baseado em VE oferece uma gama de serviços sofisticados que redefinem fundamentalmente a arquitetura e as dinâmicas dos sistemas de energia do futuro. Uma das contribuições mais profundas do armazenamento distribuído de VE reside na sua capacidade de fornecer flexibilidade local.

Ao contrário das instalações centralizadas de armazenamento de energia, que são fisicamente fixas e estão sujeitas a limitações de transmissão, os VE são inerentemente móveis. Esta mobilidade permite que a capacidade de armazenamento seja estrategicamente distribuída por centros urbanos, comunidades suburbanas e zonas rurais, alinhando-se de forma dinâmica com os padrões espaciais de procura e produção de eletricidade. A pesquisa de Sadeghianpourhamami et al. [56] sublinha que a dispersão geográfica das frotas de VE pode aliviar significativamente a congestão local, equilibrar os desajustes entre a oferta e a procura regional e reduzir a necessidade de reforçar as redes de transmissão. Durante períodos de elevada produção renovável em zonas periféricas (por exemplo, parques eólicos ao largo de cidades costeiras), os VE presentes nessas zonas podem absorver diretamente o excesso de energia, minimizando as restrições e apoiando a estabilidade da tensão local. Além disso, os VE, quando agregados em grande escala, oferecem capacidades de resposta ultrarrápida para regulação de frequência e serviços de apoio à rede. Os recursos tradicionais de regulação de frequência, como as centrais térmicas, possuem inércia mecânica que limita a sua velocidade de resposta às variações de frequência. Em contraste, as baterias de VE conectadas a inversores podem responder em milissegundos a desvios de frequência, injetando ou absorvendo energia quase instantaneamente. Esta capacidade de resposta rápida e descentralizada torna-se particularmente crítica em redes com inércia síncrona reduzida, onde pequenos distúrbios podem propagar-se rapidamente e levar à instabilidade [57].

Outro papel emergente do armazenamento distribuído de VE é o apoio à formação de rede, em redes fracas ou isoladas. À medida que os geradores síncronos tradicionais são substituídos por renováveis baseados em inversores, existe uma necessidade crescente de ativos capazes de "formar" a rede, estabelecendo referências de tensão e apoiando operações estáveis em ilhas. Carregadores bidirecionais avançados e sistemas de inversores associados a VE estão agora a ser desenvolvidos com capacidades de "formação de rede", permitindo que frotas de VE agregadas estabilizem micro-redes, distritos urbanos isolados ou até infraestruturas críticas durante grandes falhas de fornecimento [55]. Ao operar no modo de

fonte de tensão, estes ativos de VE podem manter a qualidade da energia e a estabilidade do sistema autonomamente, possibilitando um cenário energético resiliente e descentralizado, não dependente da produção tradicional em larga escala. Para além das funções de apoio técnico, o armazenamento distribuído de VE aumenta significativamente a resiliência económica. Ao deslocar o consumo para períodos de preços baixos e participar na arbitragem de energia, os VE suavizam a volatilidade dos preços no mercado grossista, reduzindo a frequência de eventos de preços elevados e otimizando os custos operacionais da rede. Estudos de modelação realizados por Vazifeh et al. [58] revelam que a flexibilidade mediada por VE pode reduzir os custos globais de eletricidade em até 12% em cenários de elevada penetração renovável. Além disso, durante eventos extremos, como ondas de calor ou vórtices polares, a descarga agregada de VE pode mitigar os picos de preços, aliviando choques económicos para consumidores e operadores do sistema.

Frotas municipais, incluindo autocarros elétricos, veículos de polícia e unidades de resposta a emergências, quando equipadas com capacidades V2G, podem ser mobilizadas durante apagões para manter a operação de serviços essenciais, como saúde, comunicações e abrigos de emergência. Em termos de participação no mercado, a agregação do armazenamento distribuído de VE em centrais elétricas virtuais representa uma mudança de paradigma na gestão dos sistemas energéticos. Ao conectar milhares de VE individuais através de plataformas de software inteligentes, as centrais elétricas virtuais CEV podem participar em mercados de energia grossista, mercados de capacidade e leilões de serviços auxiliares, fornecendo flexibilidade despachável, comparável à de centrais convencionais de médio porte [59]. No entanto, os mecanismos de preços dinâmicos devem ser desenhados para incentivar a participação dos utilizadores sem introduzir complexidade excessiva ou desigualdades. É importante referir que a arquitetura de cibersegurança em torno das operações deve ser robusta contra ataques coordenados que, de outra forma, poderiam transformar as cargas flexíveis agregadas em vulnerabilidades sistémicas [13]. A aceitação social e o envolvimento comportamental também desempenham um papel importante. Inquéritos realizados em vários projetos piloto V2G revelam que os utilizadores têm mais propensão a participar quando os incentivos económicos são claros, os riscos de degradação das baterias são abordados de forma transparente e o controlo sobre o comportamento de carregamento é mantido [60].

2.6 - Estratégias de gestão para a integração de VE na rede elétrica

2.6.1 Métodos de gestão de carregamento de VE

A eletrificação dos transportes representa uma das transformações mais significativas nos sistemas energéticos modernos. À medida que a adoção de VE acelera a nível global, as redes elétricas enfrentam desafios e oportunidades sem precedentes. Ao contrário dos veículos convencionais, que apenas consomem combustíveis fósseis, os VE interagem de forma bidirecional com as redes elétricas, através da infraestrutura de carregamento e, potencialmente, por meio de sistemas de V2G. Esta relação dinâmica introduz considerações técnicas, económicas e regulatórias complexas, que devem ser cuidadosamente geridas para garantir a estabilidade da rede, maximizando simultaneamente os benefícios da integração dos VE.

O principal desafio reside no facto de que um carregamento descontrolado dos VE pode sobrecarregar as redes de distribuição locais, especialmente durante os períodos de maior procura. Estimativas apontam que o carregamento simultâneo de apenas 30% dos VE de um bairro típico pode exceder a capacidade dos transformadores em 150% a 200%. Em contraste, frotas de VE devidamente geridas oferecem um valor significativo, nomeadamente através de capacidades de resposta à procura, serviços de regulação de frequência e apoio à integração de energias renováveis. Este capítulo examina de forma sistemática as estratégias mais eficazes que estão a ser desenvolvidas e implementadas a nível mundial para otimizar a integração dos VE na rede elétrica.

2.6.1.1 Carregamento coordenado e não coordenado

A distinção fundamental nas estratégias de carregamento de veículos elétricos reside na escolha entre abordagens coordenadas e não coordenadas.

O carregamento não coordenado, em que os veículos iniciam o carregamento imediatamente após serem ligados à corrente, sem consideração pelas condições da rede. Esta abordagem representa a implementação mais simples, mas coloca desafios significativos aos operadores das redes elétricas. Estudos referidos em [42] demonstram que o carregamento descontrolado num cenário de penetração de 30% de VE numa rede de distribuição urbana típica pode aumentar os picos de carga em 40-60%, com o consequente risco de sobrecarga dos transformadores e a necessidade de investimentos significativos em infraestruturas. O perfil de procura resultante nos períodos de ponta, particularmente ao final do dia, reflete o fenómeno conhecido como “curva do pato”, observado em redes com elevada penetração solar, agravando a necessidade de recorrer a centrais térmicas de pico, alimentadas por combustíveis fósseis.

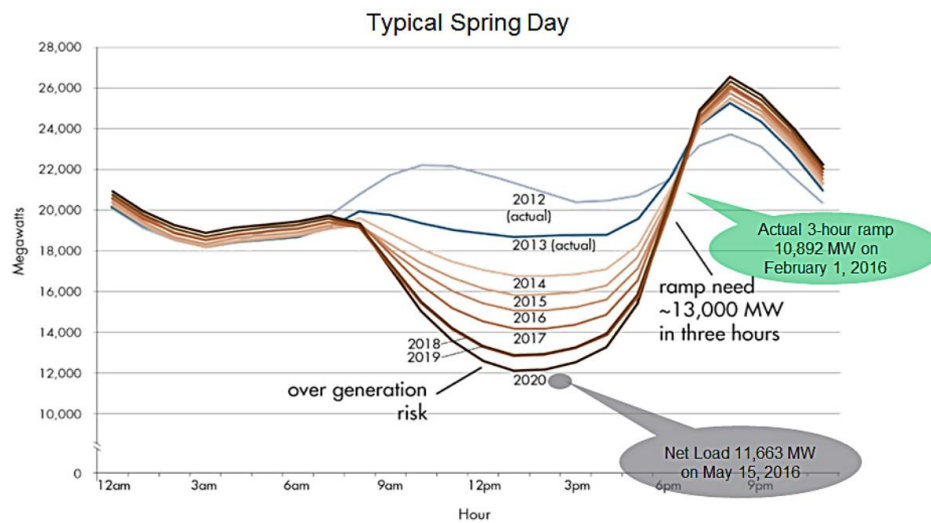


Figura 17 – A “curva do pato” mostra necessidades de aumento acentuado e risco de sobreprodução [61]

Por outro lado, o carregamento coordenado recorre a algoritmos inteligentes para otimizar os horários de carregamento com base em múltiplos parâmetros. Investigação mencionada em [46] mostra que uma simples coordenação com atraso temporal (deslocando o carregamento para horas de menor procura) pode reduzir os impactos nos picos de carga em 50-70%. Implementações mais avançadas [62], baseadas em controlo preditivo por modelos (MPC), permitem benefícios adicionais ao considerar, em tempo real, as condições da rede, previsões de produção renovável e restrições individuais dos utilizadores.

Como documentado por He Lei et al [62], toma-se como exemplo a cidade H, localizada na província de Hubei. De acordo com a estratégia mencionada anteriormente, recorre-se ao método de Monte Carlo para simular o comportamento dos veículos elétricos. O fluxograma correspondente encontra-se representado na Figura 19.

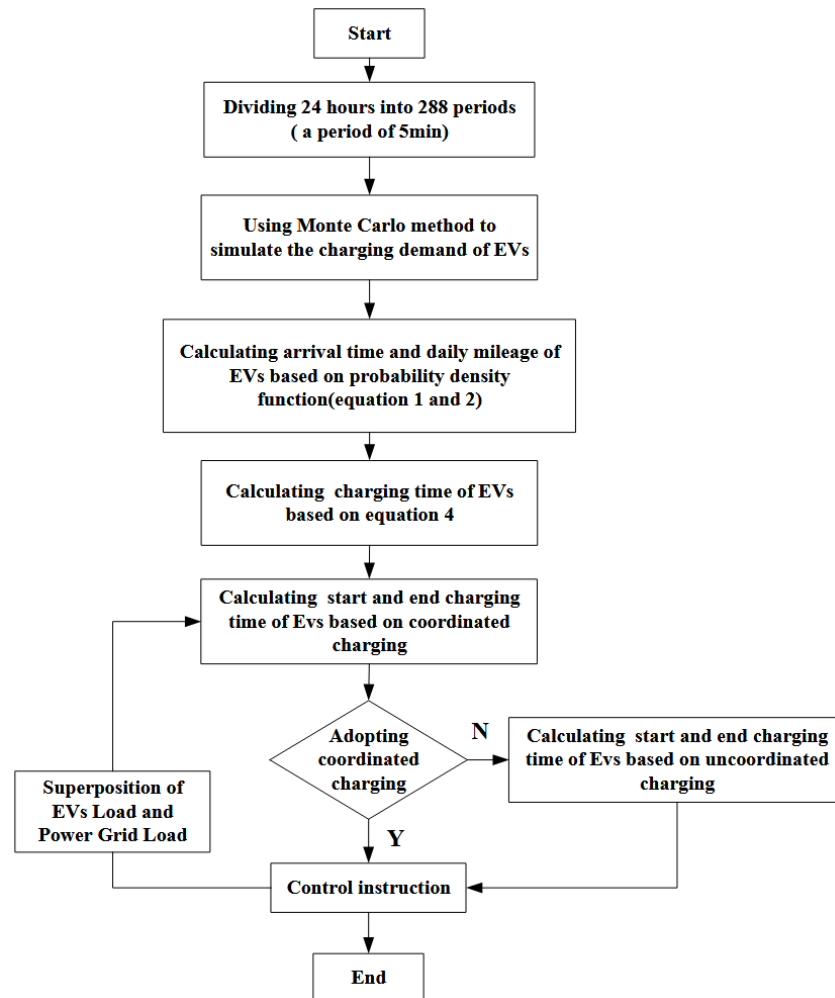


Figura 18 – Fluxograma de simulação da estratégia de carregamento elétrico coordenado [62]

A curva de carga diária da rede elétrica da cidade H, num determinado dia de inverno, é apresentada na Figura 19 . O valor máximo de carga atinge os 1770 MW às 5h, enquanto o mínimo é de 1335 MW às 18h.

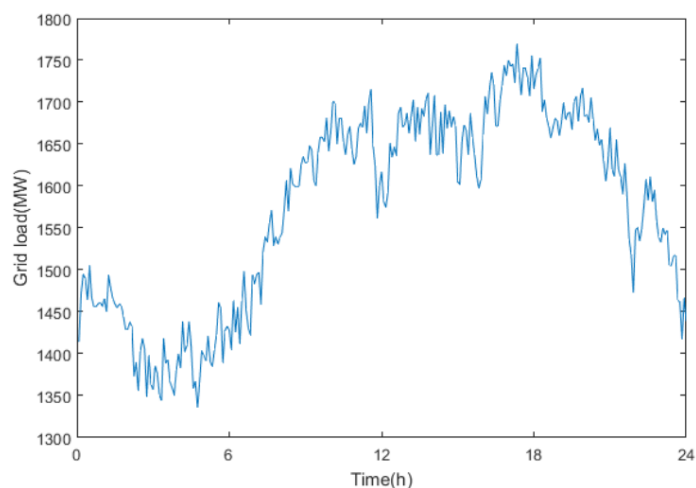


Figura 19 – Curva de carga diária da rede elétrica da cidade H [62]

A cidade H possui atualmente 250.000 veículos, assumindo-se que 50.000 sejam veículos elétricos. Caso todos os VE iniciem o carregamento assim que chegam a casa, a curva de carga diária da rede elétrica da cidade H é representada na Figura 20. Devido ao elevado número de carregamentos ao anoitecer, verifica-se um aumento acentuado da carga de ponta, com impacto direto no sistema elétrico.

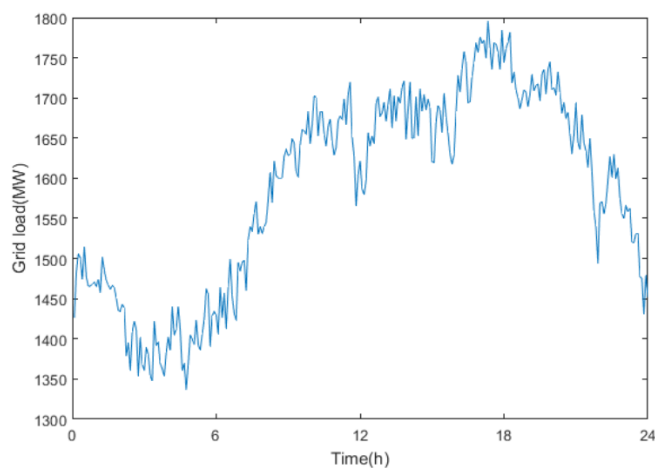


Figura 20 - Curva de carga diária da rede elétrica da cidade H com carregamento não coordenado [62]

De acordo com a estratégia de carregamento coordenado proposta neste estudo, a curva de carga diária da cidade H após a integração coordenada dos VE é apresentada na Figura 21. Com esta estratégia, a maior parte da carga de carregamento é orientada para ocorrer entre as 0h e as 6h, tornando a curva de carga no período de vale mais estável e uniforme.

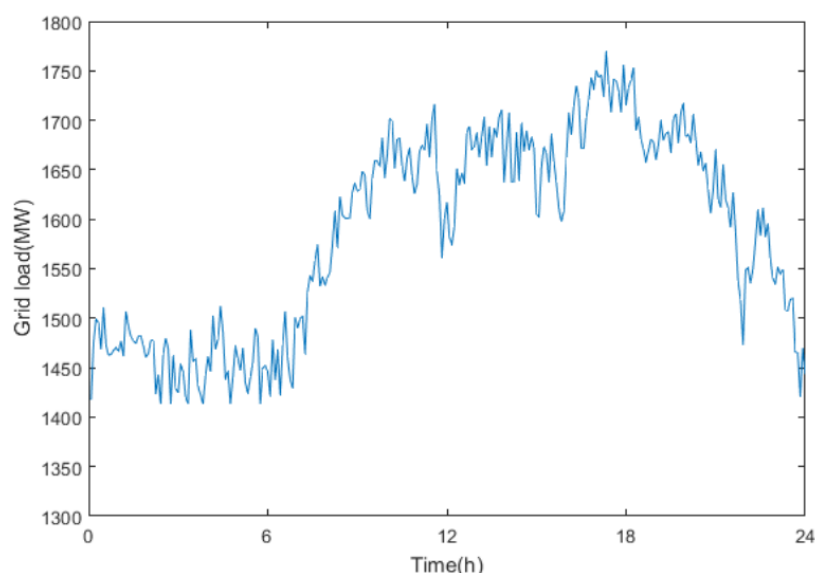


Figura 21 - Curva de carga diária da rede elétrica da cidade H com carregamento coordenado [62]

A diferença entre os valores de pico e de vale da curva de carga, em diferentes modos de carregamento, é apresentada na Tabela 1. Comparando com a carga original, a diferença pico-vale aumentou 26 MW no modo de carregamento não coordenado. Por outro lado, no modo de carregamento coordenado, essa diferença foi reduzida em 98 MW. Assim, esta estratégia apresenta um efeito evidente na atenuação da diferença entre os picos e vales da curva de carga da rede elétrica.

Tabela 2 - Diferença *peak-valley* da curva de carga com diferentes modos de carregamento [62]

Modos de carregamento	Diferença <i>peak-valley</i> MW
Carga original	435
Carregamento não coordenado	461
Carregamento coordenado	357

Um projeto desenvolvido em Espanha [63], demonstrou que a coordenação com base em MPC pode simultaneamente reduzir os custos de carregamento em 25% e aumentar o autoconsumo de fontes renováveis em 18%, quando comparado com abordagens baseadas apenas em deslocamento temporal. No entanto, estes benefícios implicam um acréscimo de complexidade computacional e exigências em termos de infraestrutura de comunicação, o que

gera um compromisso entre desempenho e custo de implementação, que deve ser cuidadosamente avaliado para cada caso de utilização.

2.6.1.2 Modelos de carregamento centralizado e descentralizado

A arquitetura dos sistemas de controlo de carregamento constitui mais uma decisão de conceção crítica entre abordagens centralizadas e descentralizadas. Os modelos centralizados, exemplificados pelo projeto *Electric Nation* do Reino Unido [64], baseiam-se numa única entidade de controlo que recebe informações de todos os VE conectados e calcula horários de carregamento ótimos através de algoritmos de otimização avançados. Esta abordagem alcança soluções teoricamente ótimas e demonstrou reduções na carga de ponta até 35% em testes de campo. No entanto, exige comunicação contínua de elevada largura de banda e levanta preocupações quanto a pontos únicos de falha e privacidade dos dados.

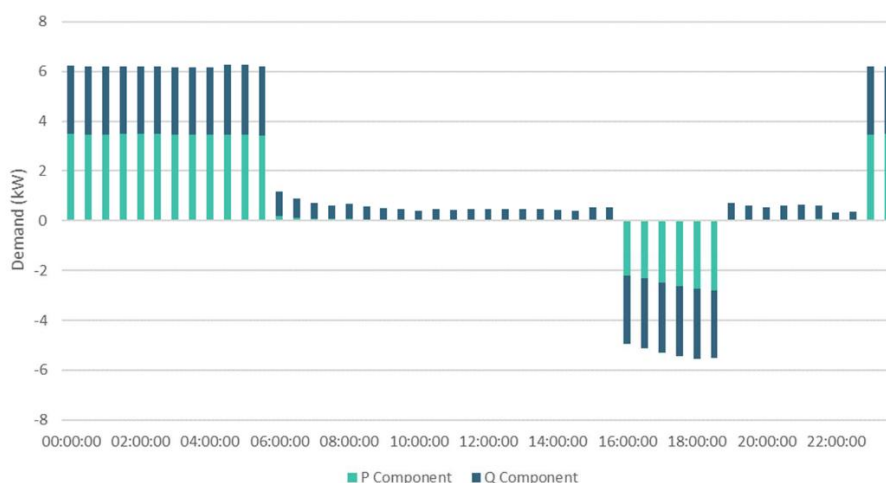


Figura 22 - Perfil de carga para um único VE, com os componentes P, a procura média, e Q, a procura variável, apresentados. Isto representa o 90% da procura [64]

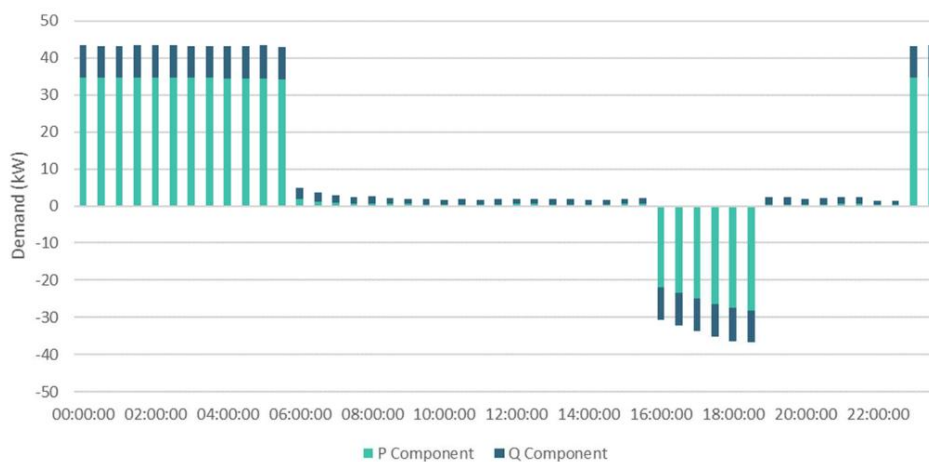


Figura 23 - Perfil de carga para 10 veículos, com uma componente variável reduzida [64]

A escala da procura potencial associada a um único veículo é significativamente superior à verificada em ensaios anteriores, o que se deve ao facto de estes serem utilizados para fornecer energia à rede durante os períodos de pico, bem como aos algoritmos de carregamento que sincronizam os carregamentos em vez de os escalonarem. A proporção do componente variável (Q) diminui à medida que o número de veículos aumenta, uma vez que uma amostra maior apresenta uma variância inferior à de um único veículo [64].

As arquiteturas descentralizadas visam ultrapassar estas limitações ao distribuir a tomada de decisão por toda a rede. A iniciativa alemã EEBus [65] foi pioneira num sistema baseado em agentes, no qual cada posto de carregamento ajusta autonomamente o seu comportamento com base em medições locais e sinais de preços. Embora sacrifique alguma otimização global (demonstrado ser cerca de 10 a 15% menos eficiente do que os sistemas centralizados), os métodos descentralizados oferecem melhor escalabilidade e resiliência. Estão também a emergir abordagens híbridas, como as testadas no projeto FlexiGrid financiado pela UE [66], que combinam supervisão centralizada com autonomia local, alcançando 90% dos benefícios da otimização centralizada, mantendo simultaneamente a robustez dos sistemas descentralizados. A escolha entre estes modelos depende fortemente da infraestrutura elétrica existente, sendo os sistemas centralizados mais adequados a ambientes urbanos densos e as abordagens descentralizadas preferíveis em zonas rurais com conectividade limitada.

2.6.1.3 Tarificação dinâmica e incentivos económicos

Os mecanismos económicos representam uma ferramenta poderosa para moldar o comportamento de carregamento sem necessidade de controlo direto. O modelo de tarificação mais amplamente implementado corresponde às tarifas por período horário TOU, que por sua vez são capazes de deslocar 15% a 20% da carga de carregamento para os períodos de menor procura. Modelos mais sofisticados de tarificação em tempo real (*Real Time Pricing* - RTP) [67], conseguem uma deslocação de carga de 25% a 30%, refletindo as condições reais do mercado grossista de eletricidade. A tarificação crítica de pico (*Critical Peak Pricing* - CPP), embora menos comum, demonstrou uma eficácia notável em situações de elevada pressão sobre a rede elétrica, reportando reduções de 50% a 70% da procura durante eventos CPP em ensaios realizados na Califórnia [68].

De acordo com o Zafar B, Ben Slama S [68], os contratos inteligentes e as redes *blockchain* permitem a automação total das transações energéticas entre pares, assegurando que a energia seja comprada e vendida com base em condições predefinidas. Um dos principais avanços apresentados é a capacidade dos sistemas de precificação dinâmica reduzirem os picos de carga em até 20–25%, com efeitos diretos na redução de custos operacionais e na mitigação de riscos de sobrecarga da rede. Essa redução de pico tem impactos económicos expressivos: em redes urbanas, cada 1% de redução do pico pode resultar numa economia de até 5 milhões de euros por ano em custos evitados com reforço de infraestrutura.

A tarificação dinâmica também permite que os consumidores, por meio da monitorização contínua e da resposta automática à variação tarifária, consigam deslocar até 30% do seu consumo total para períodos de menor procura, conhecidos como horários em vazio. Isso

representa uma poupança potencial anual na fatura energética da ordem dos 12% a 18%, dependendo da flexibilidade do agregado familiar ou da instalação industrial. Para uma família europeia com um consumo médio anual de 4.000 kWh, essa poupança pode traduzir-se em cerca de 180 a 250 euros anuais, enquanto para uma instalação comercial de médio porte (consumo típico de 200 MWh/ano), o impacto positivo pode superar os 9.000 euros/ano. No plano coletivo, os sistemas de tarifação dinâmica e incentivos baseados em *blockchain* permitem a organização de mercados energéticos locais. Num cenário simulado no artigo [64], com 100 *prosumers* (corresponde a um indivíduo que consome e produz eletricidade) integrados numa micro rede, verificou-se que a partilha direta de energia entre pares (P2P), mediada por contratos inteligentes, resultou numa utilização 22% mais eficiente da geração de energia renovável local. Com isto, obteve-se uma redução de cerca de 15.000 kWh/mês da energia importada da rede principal, o que representa uma redução mensal de emissões estimada em 4,5 toneladas de CO₂, considerando um mix europeu de geração de eletricidade europeu.

O impacto do incentivo económico também se evidencia na adesão à produção distribuída: programas de incentivos que remuneram o kWh exportado a preços dinâmicos (por exemplo, 0,14€/kWh nos períodos de escassez contra 0,06€/kWh nos períodos de excesso) mostraram-se eficazes na estabilização da rede, evitando desperdícios de energia renovável em até 35% dos dias críticos em cenários simulados[69]

O sucesso da integração da tecnologia V2G depende, em grande medida, da predisposição dos proprietários de VE para participarem ativamente no sistema, equilibrando fatores como o incentivo económico, a longevidade da bateria e a conveniência de utilização. Os modelos de participação dos consumidores neste contexto podem ser agrupados em três categorias principais: modelos centralizados, modelos descentralizados e esquemas baseados em mercados de flexibilidade.

2.7 Fundamentos Teóricos- Aprendizagem Máquina

A aprendizagem máquina, *Machine Learning* (ML), é uma área da inteligência artificial que procura dotar os sistemas computacionais da capacidade de aprender a partir de dados. Em vez de serem programados com instruções fixas, os algoritmos de ML analisam conjuntos de dados, identificam padrões e utilizam esse conhecimento para realizar previsões ou tomar decisões em novos contextos. Este processo de aprendizagem depende fortemente da qualidade do dataset de treino. Um conjunto de dados robusto e fiável permite que o algoritmo generalize de forma eficaz, evitando resultados enviesados ou inconsistentes. Assim, pode afirmar-se que a máquina “aprende” com os dados: quanto maior e mais representativo for o volume de informação, melhor será o desempenho do modelo[70].

2.7.1 Tipos de aprendizagem máquina

A aprendizagem máquina pode assumir diferentes formas, dependendo da natureza dos dados disponíveis e dos objetivos do modelo. Entre as abordagens mais relevantes encontram-se a aprendizagem supervisionada, a não supervisionada, a semi-supervisionada e a aprendizagem por reforço. Cada uma destas metodologias apresenta características próprias e é aplicada em contextos distintos.

Aprendizagem Supervisionada:

Na aprendizagem supervisionada, o algoritmo é treinado com base em dados rotulados, ou seja, conjuntos de exemplos que incluem tanto as variáveis de entrada (*input*) como as variáveis de saída (*output*). O objetivo é que o modelo aprenda a relação entre estas variáveis, de forma a conseguir prever resultados para novos dados[71].

Existem dois grandes tipos de problemas supervisionados:

- **Regressão:** procura prever valores contínuos, mapeando as variáveis de entrada numa função contínua. Exemplos incluem a previsão de preços de imóveis ou a estimativa de consumo energético.
- **Classificação:** consiste em atribuir categorias distintas às variáveis de entrada. Exemplos comuns são a identificação de imagens ou a deteção de spam em e-mails.

O processo de treino envolve a comparação entre as previsões do modelo e os valores reais, recorrendo a métricas de erro como o *Root Mean Squared Error* (RMSE), que avalia a diferença média entre os valores previstos e os observados.

Aprendizagem Não Supervisionada:

Ao contrário da abordagem supervisionada, na aprendizagem não supervisionada os dados não possuem rótulos. O algoritmo recebe apenas variáveis de entrada e procura, de forma iterativa, identificar padrões ou estruturas ocultas nos dados.

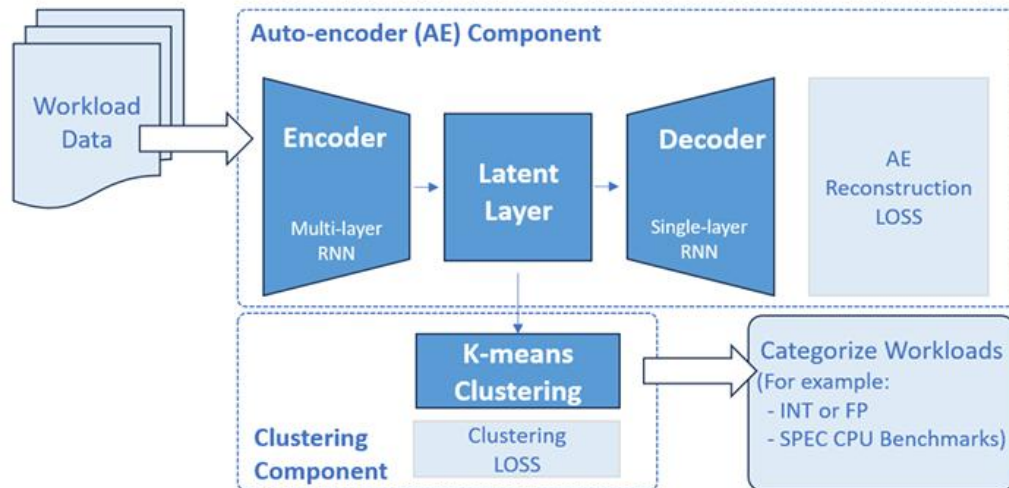


Figura 24 – Processo de aprendizagem não supervisionada

O objetivo principal é descobrir relações e agrupamentos sem conhecimento prévio das categorias de saída. Técnicas como clustering (agrupamento) ou na redução dos elementos analisados são frequentemente utilizadas. Um exemplo prático é a segmentação de clientes em grupos com comportamentos semelhantes, sem que exista uma classificação prévia[72].

Aprendizagem Semi-supervisionada:

A aprendizagem semi-supervisionada combina elementos das duas abordagens anteriores. Utiliza simultaneamente dados rotulados e não rotulados, sendo particularmente útil em situações em que o processo de rotulagem é complexo, dispendioso ou demorado.

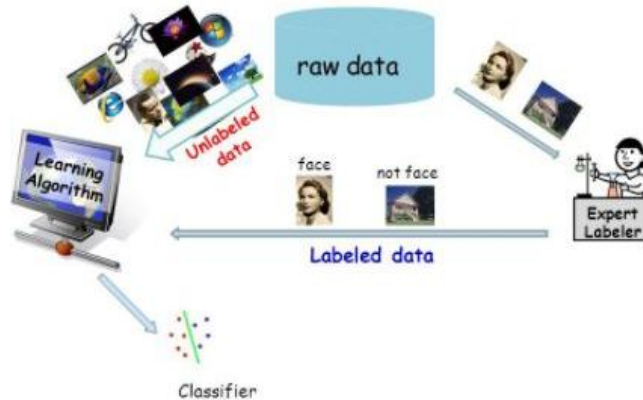


Figura 25 – Processo de aprendizagem semi-supervisionada

Este tipo de aprendizagem é comum em áreas médicas, como na análise de exames de imagem (ressonâncias magnéticas ou termografias computadorizadas), onde apenas uma parte dos dados pode ser rotulada por especialistas [73]. O modelo aprende a partir dos exemplos rotulados e, em paralelo, tenta inferir padrões nos dados não rotulados, aumentando a eficiência do processo de treino.

Aprendizagem por Reforço:

A aprendizagem por reforço distingue-se das anteriores por se basear na interação contínua entre o algoritmo e o ambiente. O sistema aprende por tentativa-erro, recebendo feedback em forma de recompensas ou penalizações.

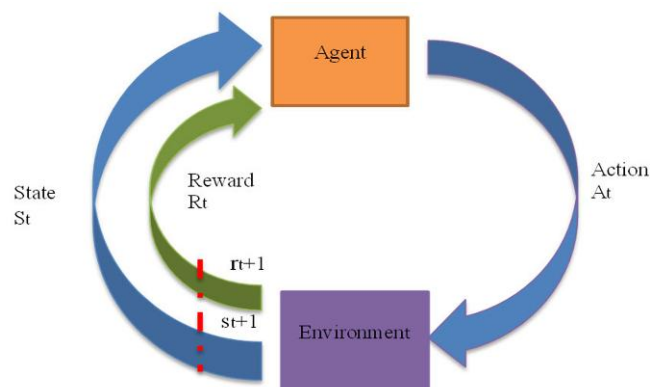


Figura 26 – Processo de aprendizagem reforço

O objetivo é que o agente maximize a recompensa acumulada ao longo do tempo, ajustando o seu comportamento com base nas experiências anteriores [74]. Esta abordagem é amplamente

utilizada em áreas como robótica, jogos e sistemas de controlo, onde não existe um conjunto de dados fixo para treino, mas sim um processo dinâmico de exploração e adaptação.

2.7.2 Problemas para aprendizagem máquina

Ao longo das últimas décadas, a ML tem vindo a afirmar-se como uma ferramenta essencial na resolução de uma ampla variedade de problemas computacionais. No presente subcapítulo, serão abordadas as principais categorias de tarefas que podem ser solucionadas através desta abordagem, com destaque para os paradigmas de classificação e regressão, frequentemente utilizados em contextos aplicados e de investigação.

Classificação:

A tarefa de classificação consiste na construção de um modelo capaz de atribuir instâncias de dados a categorias previamente definidas. Este processo baseia-se na identificação de padrões que permitem distinguir diferentes grupos, sendo cada instância associada a um rótulo específico com base em características observáveis. Em termos práticos, a classificação é amplamente utilizada em cenários onde se pretende determinar a pertença de um elemento a uma classe, como por exemplo, prever se um estudante será aprovado ou reprovado com base no seu desempenho académico. Por exemplo, pode-se prever se um aluno será aprovado ou reprovado com base em variáveis como frequência, notas anteriores e participação em atividades extracurriculares [75]. Este tipo de aplicação evidencia a utilidade prática da classificação na automatização de tarefas rotineiras e na melhoria da experiência do utilizador.

Regressão:

Por outro lado, os problemas de regressão centram-se na previsão de valores contínuos, estabelecendo relações entre variáveis independentes e uma variável dependente. Através da análise de dados históricos, os modelos de regressão procuram inferir tendências e estimar resultados quantitativos. Este tipo de abordagem é particularmente útil em domínios como a economia, a meteorologia ou a saúde, onde se pretende prever, por exemplo, o preço de um bem, a temperatura de uma região ou o tempo de recuperação de um paciente.

Regressão Linear:

A regressão linear, uma das formas mais elementares de regressão, assume uma relação linear entre as variáveis explicativas e a variável alvo. Este modelo é construído com base em dados históricos, permitindo estimar o valor da variável dependente a partir de uma

combinação ponderada das variáveis independentes. A equação que representa este modelo pode ser expressa da seguinte forma:

$$y' = b + w_1 * x_1 + w_2 * x_2 + w_3 * x_3 + \dots + w_n * x_n \quad \text{Equação 1}$$

onde y representa o valor a ser previsto, w_n são os coeficientes (ou pesos) aprendidos durante o treino do modelo, e x_n correspondem aos atributos das instâncias.

As variantes da regressão linear incluem a regressão simples, quando apenas uma variável independente é considerada e a regressão múltipla, que incorpora várias variáveis explicativas. A escolha entre estas variantes depende da complexidade do evento a modelar e da disponibilidade de dados que sejam relevantes.

2.7.3 Critérios de desempenho

A avaliação do desempenho de um algoritmo constitui uma etapa fundamental no processo de desenvolvimento de modelos de ML, funcionando como um mecanismo que permite aferir a fiabilidade, a consistência e a utilidade prática dos resultados obtidos. Tal como acontece em processos estruturados de análise e decisão, a validação de um modelo exige uma leitura cuidadosa das evidências, evitando conclusões precipitadas que possam resultar de fenómenos como *overfitting* ou *underfitting*.

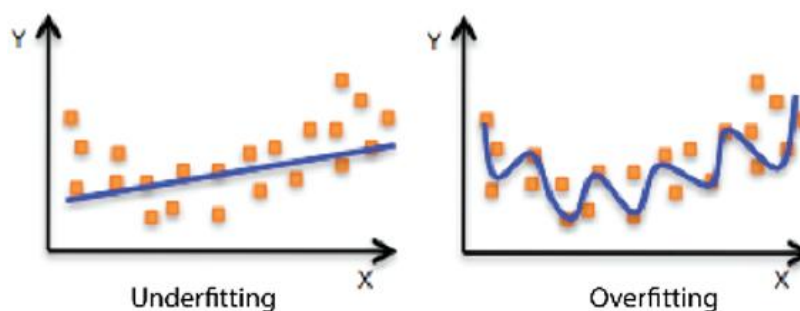


Figura 27 – Exemplo *Underfitting* e *Overfitting*[76]

Embora a precisão seja frequentemente utilizada como métrica principal, a sua aplicação isolada revela-se insuficiente para garantir uma avaliação robusta. Assim, torna-se necessário recorrer a um conjunto mais diversificado de indicadores que permitam compreender o comportamento do modelo sob diferentes perspetivas.

À semelhança do que ocorre em metodologias de avaliação sistemática, onde a análise é repetida, refinada e sustentada por múltiplas fontes de evidência, também na avaliação de algoritmos é essencial considerar várias métricas. Cada uma delas acrescenta uma dimensão distinta à interpretação dos resultados, contribuindo para uma decisão mais informada quanto

à escolha do modelo mais adequado[77]. Algumas das métricas mais relevantes para este processo são apresentadas em seguida.

Coefficiente de Correlação (r):

O coeficiente de correlação é uma medida estatística que quantifica o grau de associação linear entre os valores previstos pelo modelo e os valores reais observados. O seu valor varia entre -1 e 1, refletindo diferentes tipos de relação: valores positivos indicam uma correlação direta, valores negativos traduzem uma correlação inversa e um valor igual a zero significa ausência de relação linear.

A sua expressão matemática é:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}) * (Y_i - \bar{Y})}{(n-1) * S_x * S_y} \text{ Equação 2 [78]}$$

Nesta equação, $(\bar{X}$ e $\bar{Y})$ são as médias amostrais e S_x e S_y são os desvios padrão de X e Y . O número total de observações é indicado por n . Esta métrica é particularmente útil quando se pretende avaliar a força e a direção da relação entre variáveis num contexto de regressão.

Média do Erro Absoluto (MAE):

A métrica MAE (*Mean Absolute Error*) expressa o erro médio absoluto entre os valores reais e os valores previstos. Trata-se de uma medida simples e intuitiva, que indica, em média, o desvio entre a previsão e o valor observado, sem considerar a direção do erro.

A sua equação:

$$MAE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n |y_i - j_i| \text{ Equação 3 [79]}$$

Onde y_i representa o valor real, j_i o valor previsto e n o número de observações. Apesar da sua utilidade, o MAE atribui o mesmo peso a todos os erros, o que pode ser uma limitação em situações onde desvios elevados são particularmente relevantes.

Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE):

O RMSE (*Root Mean Squared Error*) calcula a raiz quadrada da média dos erros quadráticos entre os valores reais e os valores previstos. A sua expressão é:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n (y_i - j_i)^2} \text{ Equação 4 [79]}$$

Ao elevar os erros ao quadrado, esta métrica penaliza de forma mais acentuada os desvios de maior magnitude, sendo especialmente útil em contextos onde erros elevados têm impacto significativo. No entanto, esta característica pode dificultar a interpretação direta do RMSE, sobretudo quando se pretende compreender o erro médio de forma intuitiva.

2.7.4 Métodos e algoritmos

Neste subcapítulo, serão apresentados alguns dos algoritmos mais utilizados no domínio da aprendizagem supervisionada, com destaque para a sua estrutura, funcionamento e aplicabilidade prática em diferentes contextos. A escolha destes algoritmos prende-se com a sua relevância na ciência de dados, bem como com a sua versatilidade na resolução de problemas.

Redes Neuronais Artificiais (RNA):

Inspiradas no funcionamento do cérebro humano, as Redes Neuronais Artificiais (RNA) são compostas por múltiplas unidades de processamento ou neurónios artificiais, que operam em conjunto para resolver problemas complexos. Estas redes são particularmente eficazes em contextos onde os dados apresentam ruído, lacunas ou relações não lineares, sendo capazes de aprender padrões a partir de exemplos e de generalizar para novos casos. As RNA são amplamente aplicadas em áreas como a previsão de tendências económicas, a análise de séries temporais e até em sistemas de previsão meteorológica[80]. A sua estrutura baseia-se num processo de treino onde os pesos das ligações entre neurónios são ajustados iterativamente, de forma a minimizar o erro entre os valores previstos e os valores reais.

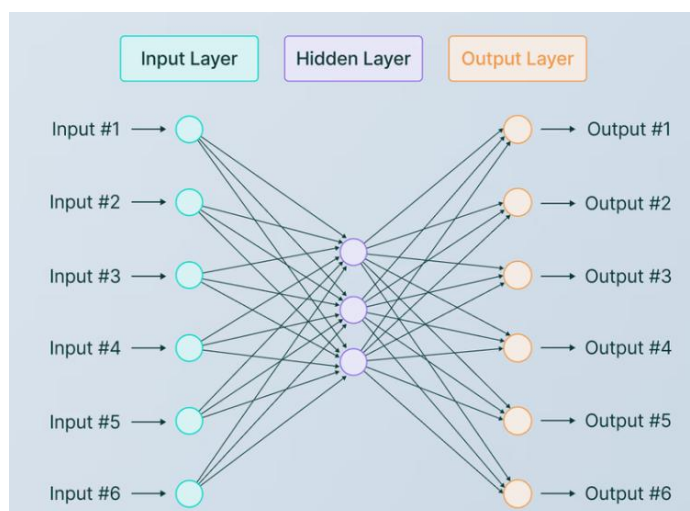


Figura 28 – Rede Neural Artificial [81]

O modelo matemático que descreve o funcionamento de um neurónio artificial, assenta em três componentes principais: os valores de entrada, ponderados por coeficientes que

simulam as sinapses; a soma ponderada desses valores, que representa a ativação da célula; e uma função de ativação, responsável por determinar se o sinal é transmitido à camada seguinte [77]. Na imagem representa o funcionamento de um neurónio artificial, elemento fundamental das redes neuronais. Cada neurónio recebe múltiplas entradas ($x_1, x_2, \dots, x_m$), que são multiplicadas por pesos ($w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$) e somadas a um valor de bias (b_k). O resultado dessa soma (u_j) é então processado por uma função de ativação ($\phi(u_j)$), que introduz não-linearidade e gera a saída final (y_k). Este mecanismo permite que redes neuronais aprendam padrões complexos, ajustando os pesos e o bias durante o treino para melhorar a precisão das previsões.

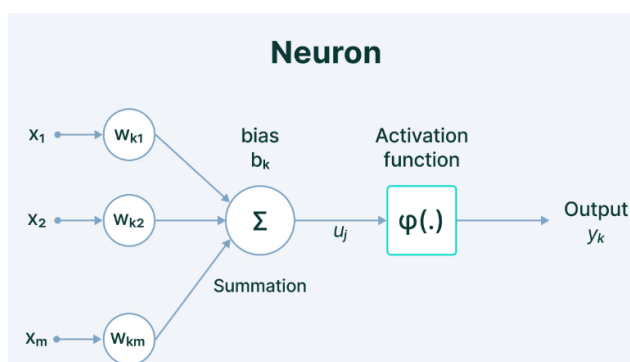


Figura 29 – Funcionamento de um neurónio numa Rede Neural Artificial [81]

Árvore de Decisão (*Random Tree*):

As Árvores de Decisão constituem um método de aprendizagem supervisionada que permite resolver problemas tanto de classificação como de regressão. O seu funcionamento baseia-se na construção de uma estrutura hierárquica de decisões, onde cada nó representa uma condição sobre uma variável, e cada ramo conduz a uma nova subdivisão dos dados [82].

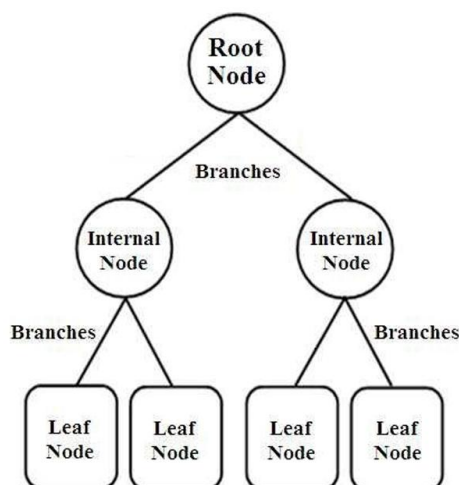


Figura 30 – Exemplo de uma árvore de decisão

Este tipo de algoritmo é particularmente valorizado pela sua interpretabilidade, uma vez que permite visualizar de forma clara as regras que conduzem a uma determinada previsão. Quanto maior for a profundidade da árvore, maior será o número de regras geradas, o que pode aumentar a complexidade do modelo, mas também o risco de sobreajuste (*overfitting*).

Floresta Aleatória (*Random Forest*):

A Floresta Aleatória é uma extensão do conceito de árvore de decisão, baseada na construção de múltiplas árvores treinadas sobre subconjuntos aleatórios dos dados. Cada árvore contribui com uma previsão individual, sendo o resultado final obtido através da agregação (por média, no caso da regressão, ou por votação, no caso da classificação).

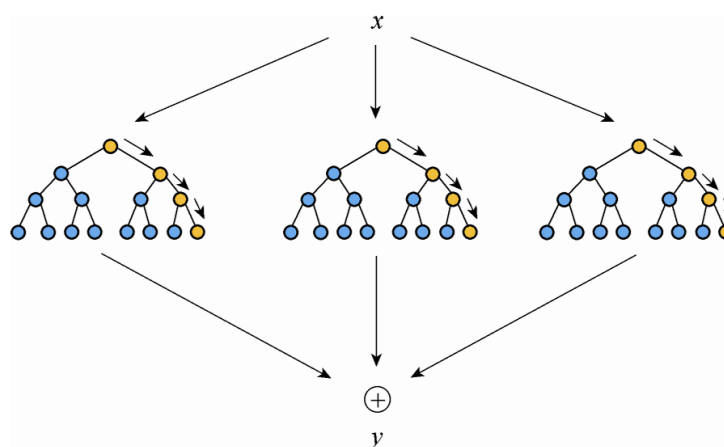


Figura 31 – Exemplo de uma floresta aleatória [83]

Este método beneficia da diversidade entre as árvores para reduzir a variância do modelo e aumentar a sua robustez. De acordo com Breiman, a eficácia da Floresta Aleatória assenta na Lei dos Grandes Números: à medida que o número de árvores aumenta, a previsão agregada tende a aproximar-se do valor real. Esta abordagem é especialmente útil em contextos com grandes volumes de dados e múltiplas variáveis explicativas [84].

Regressão Linear (*Linear Regression*):

A Regressão Linear é um dos algoritmos mais clássicos e amplamente utilizados na modelação preditiva. Trata-se de um método de aprendizagem supervisionada que estabelece uma relação linear entre uma variável dependente e uma ou mais variáveis independentes. O objetivo consiste em ajustar uma equação que minimize a diferença entre os valores previstos e os valores observados.

Este modelo é particularmente eficaz quando existe uma relação proporcional entre as variáveis, sendo frequentemente utilizado em áreas como a economia, a saúde pública e a engenharia. A simplicidade da regressão linear permite uma interpretação clara dos coeficientes, o que facilita a análise do impacto de cada variável sobre o resultado final [85].

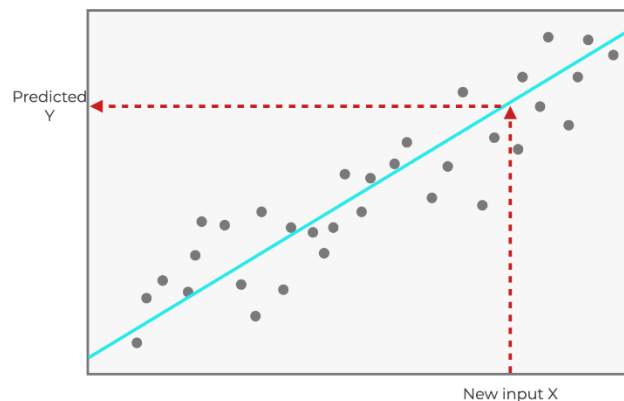


Figura 32 – Exemplo de uma regressão linear

Contudo é importante referir que este algoritmo assume a linearidade da relação entre variáveis, o que pode limitar a sua aplicabilidade em contextos mais complexos.

2.7.5 Escolha de ferramenta de suporte

Para responder às exigências crescentes de volume, complexidade e velocidade dos dados, têm emergido diversas plataformas digitais e soluções informáticas, gratuitas ou comerciais, que disponibilizam ambientes gráficos interativos e acessíveis, promovendo uma maior proximidade entre o utilizador e os dados. Estas ferramentas integram funcionalidades que automatizam e aceleram o ciclo analítico, desde a preparação dos dados até à modelação e interpretação dos resultados. Atualmente, existe uma ampla variedade de softwares de análise de dados com capacidade de integração de técnicas de aprendizagem máquina. Entre as soluções mais relevantes destacam-se o SAS Viya, o Vertex AI, o RapidMiner e o WEKA, as quais serão analisadas.

O SAS Viya é uma plataforma analítica moderna, concebida para ambientes empresariais e científicos que exigem escalabilidade, segurança e interoperabilidade. Desenvolvido pela SAS Institute, este sistema permite a execução de tarefas de análise avançada, estatística, ML e inteligência artificial, suportando múltiplas linguagens de programação como Python ou R. A sua arquitetura por *cloud* facilita a modelação em ambientes distribuídos, com suporte de estruturas analíticas complexas e integração com base de dados [86]. Destaca-se ainda pelas suas capacidades de gestão de dados, versionamento de modelos e colaboração entre equipas multidisciplinares, sendo particularmente útil em contextos regulados ou de elevada exigência operacional.

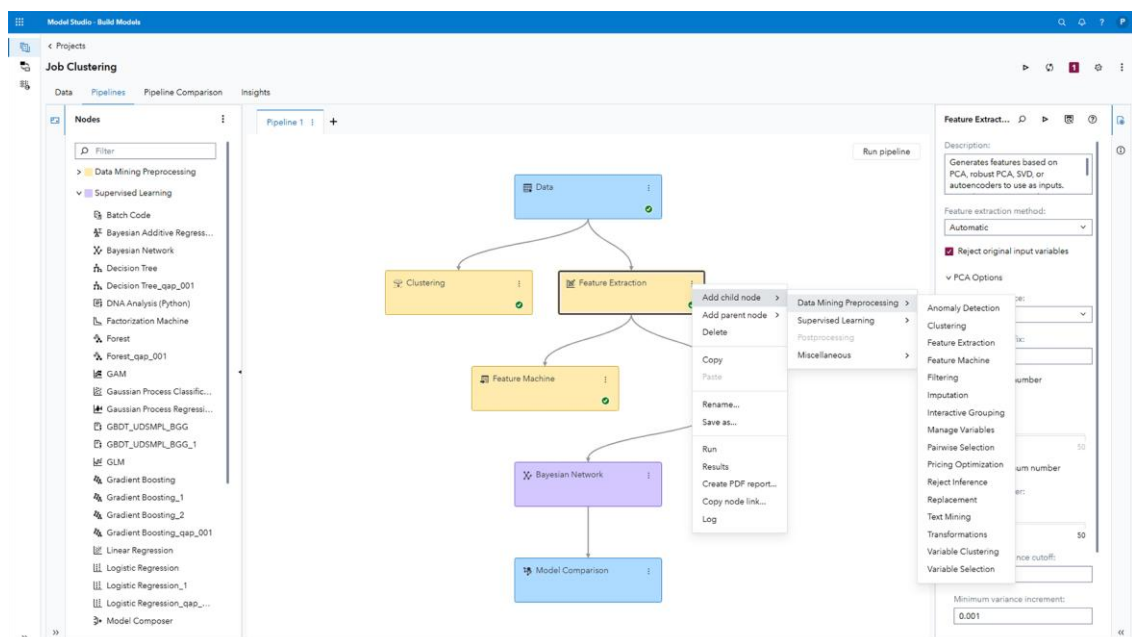


Figura 33 – Ambiente de trabalho SAS Viya [87]

O Vertex AI, por sua vez, é uma plataforma desenvolvida pela Google Cloud que oferece um ambiente para o desenvolvimento, treino, validação e implementação de modelos de ML. Esta ferramenta permite a criação de fluxos de trabalho completos, com recurso a AutoML ou a *frameworks* personalizados como TensorFlow, PyTorch e XGBoost [88]. A sua integração com BigQuery e outras soluções da Google Cloud potencia a análise de dados em larga escala, com suporte a monitorização contínua, treino automático e gestão de modelos em produção.

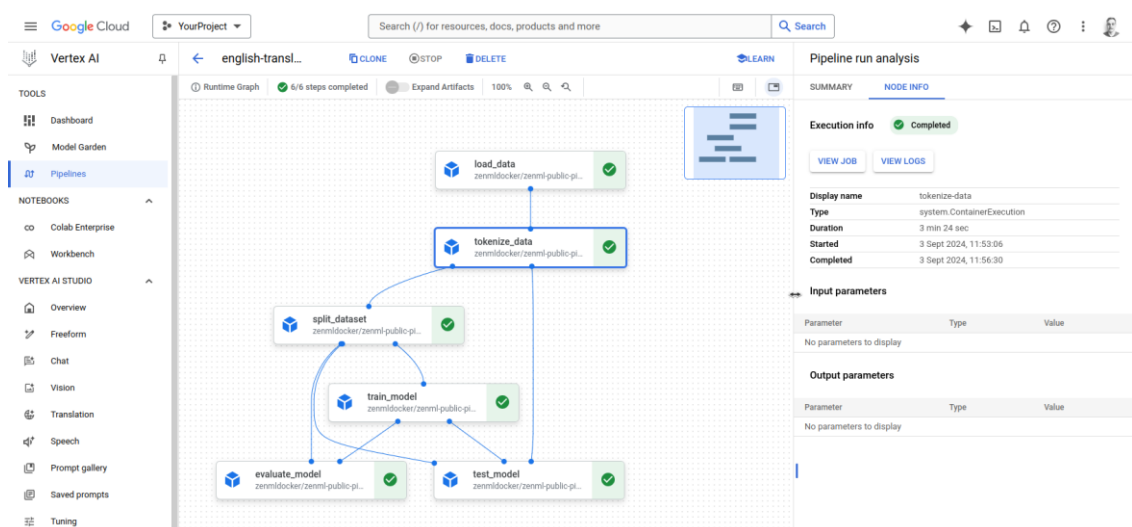


Figura 34 – Ambiente de trabalho Vertex AI [89]

O RapidMiner é uma plataforma domínio da análise preditiva, com uma interface gráfica intuitiva que permite a construção de processos analíticos sem necessidade de programação. A ferramenta está dividida em três módulos principais: RapidMiner Studio, GO e AI Hub. Estes módulos suportam desde a prototipagem até à execução colaborativa de projetos analíticos em ambientes empresariais. A biblioteca de operadores do RapidMiner abrange uma vasta gama de tarefas, incluindo limpeza de dados, transformação, modelação, validação e visualização, sendo particularmente útil para utilizadores que valorizam a rapidez e a flexibilidade na construção de soluções [90].

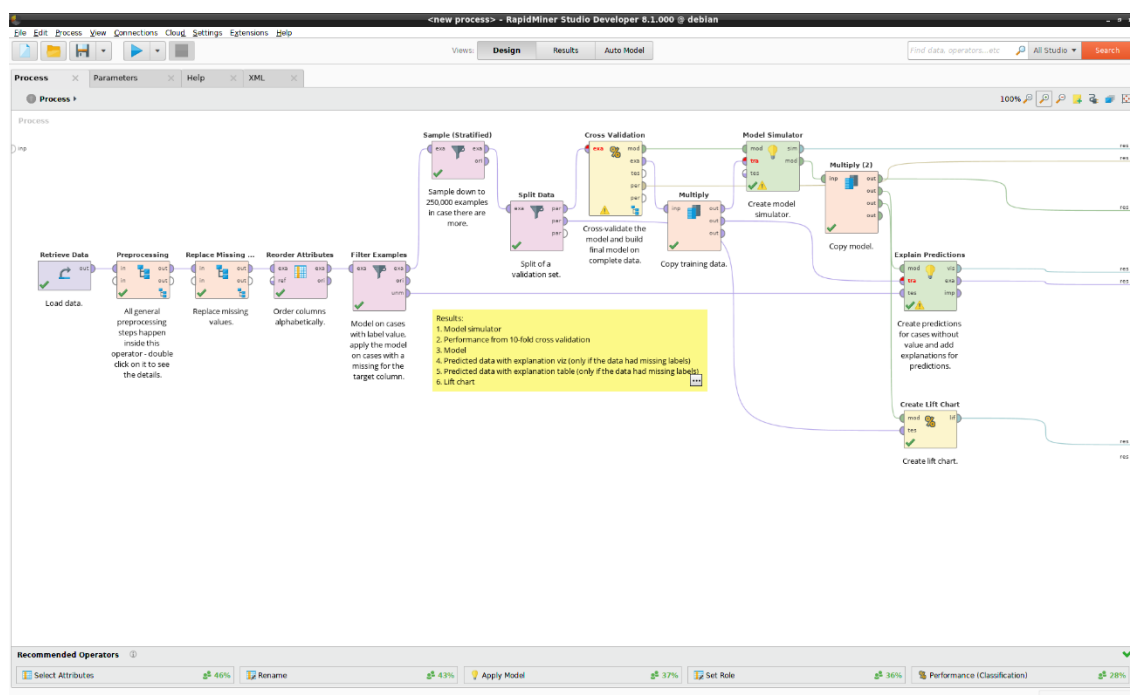


Figura 35 – Ambiente de trabalho RapidMiner [91]

O **WEKA** (*Waikato Environment for Knowledge Analysis*) é uma ferramenta de código aberto, desenvolvida em Java pela Universidade de Waikato, na Nova Zelândia. Com uma interface gráfica organizada em painéis funcionais, o WEKA permite a realização de tarefas de pré-processamento, classificação, regressão, clustering, seleção de atributos e visualização de dados com interface Explorer. A sua compatibilidade com formatos como CSV, JSON e ARFF, aliada à extensa documentação e comunidade ativa, torna-o acessível a utilizadores com diferentes níveis de experiência. A interface Experimenter permite ainda a comparação sistemática de algoritmos, promovendo uma abordagem rigorosa à avaliação de modelos [92].

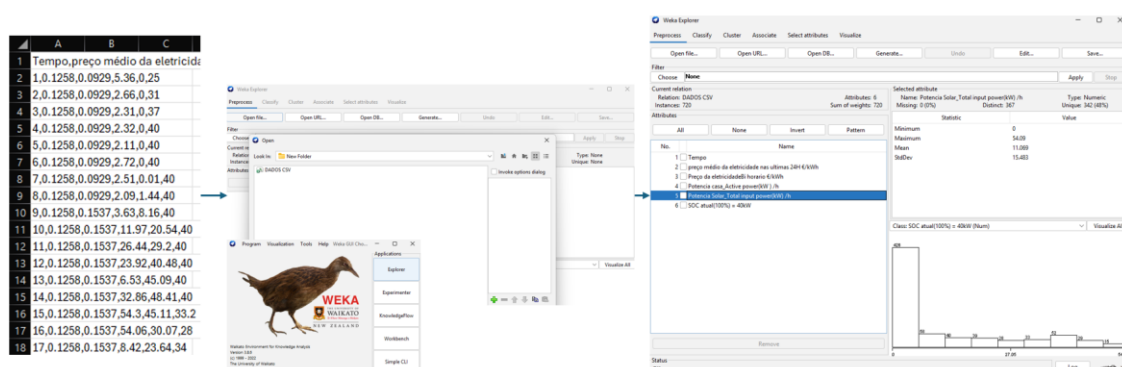


Figura 36 – Fluxo de dados de Excel para WEKA

Os dados antes de serem carregados no software WEKA, passam por um processamento de tratamento no Excel, onde as informações de entrada têm de ser escritas como texto, separados por “;”, como se pode visualizar na Figura 36 (com formato CSV). Após realizar este fluxo, os dados podem ser pré visualizados.

Comparando estas ferramentas, verifica-se que todas integram funcionalidades essenciais ao processo analítico, como o pré-processamento de dados, a visualização interativa e a aplicação de algoritmos de ML.

A escolha da ferramenta assenta em múltiplos fatores como a facilidade de obtenção e instalação, a interface intuitiva e bem estruturada, a vasta gama de algoritmos disponíveis e a possibilidade de comparar sistematicamente diferentes abordagens. Desta forma e após uma análise cuidada, a ferramenta de suporte e análise de otimização de dados considerada é o WEKA.

A maturidade da plataforma, aliada à sua acessibilidade, torna o WEKA particularmente adequado para contextos académicos e experimentais, permitindo uma análise rigorosa, transparente e replicável, mesmo por utilizadores com conhecimentos técnicos limitados.

3 Metodologia de Análise

3.1 Contexto de estudo

Este trabalho propõe a utilização de uma ferramenta analítica com base no consumo energético da habitação e do veículo elétrico, na produção solar e nas previsões geradas por algoritmos, avaliar a viabilidade e os benefícios da venda de energia à rede, foram criadas duas tabelas em anexo D e E para calcular o lucro mensal de venda vs compra de energia à rede elétrica. Simultaneamente, pretende-se garantir que a bateria do veículo mantém capacidade suficiente para satisfazer as necessidades diárias de mobilidade, contribuindo para uma gestão energética mais eficiente e inteligente.

Para validar a abordagem proposta, será realizada uma análise comparativa entre diferentes algoritmos de decisão através de uma ferramenta de suporte e análise de dados. Foram selecionados três algoritmos, aplicando-se cada um deles às premissas definidas, como a decisão de vender energia à rede. A comparação entre os resultados obtidos permitirá avaliar o desempenho de cada algoritmo com base em métricas de erro, promovendo uma análise crítica sobre a qualidade dos dados e a robustez dos modelos.

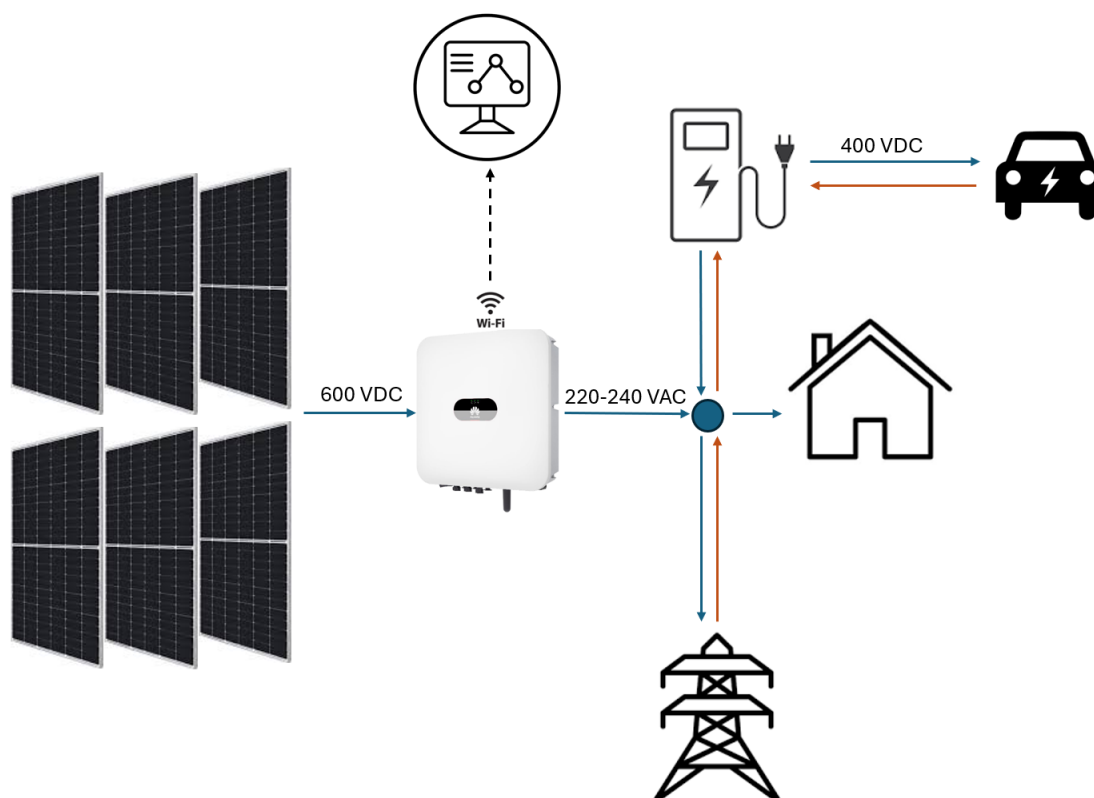


Figura 37 – Fluxo de energia do caso em estudo

3.2 Aquisição de dados

No caso de estudo habitação está equipada com painéis solares fotovoltaicos e um carregador bidirecional. O sistema possui um inversor com uma tensão de 220-240Vca, frequência de 50Hz e potência de pico de 6 kWp, modelo Huawei Sun2000tk 6kW, que permite recolher medições detalhadas de potência, energia e fluxos de energia com a rede elétrica [93].



Figura 38 – Habitação do caso de estudo

O painel solar fotovoltaico é constituído por 12 módulos fotovoltaicos ligados em paralelo com 6 módulos, de modelo CANADIAN SOLAR 550W CS6W-I4-F45L, com um tipo de célula policristalina e uma potência de pico de 550Wp [94].

Um carregador bidirecional, Wallbox Quasar [95], com 7,4kW de potência de carregamento, limitado a 6 kW devido a potência máxima conseguida pelo inversor dos painéis solares, e 6,8kW e potencia de descarregamento.

Electrical Specifications		
Maximum power (Charge)	7.4 kW ¹⁰	
Maximum power (discharge)	6.8 kW	
Maximum AC Current	configurable from 6 A to 32 A	
Cable Width	5 x 6 mm ²	
Rated frequency	50 Hz	
AC Voltage	230 V ± 10%	
DC Voltage Range	150 V - 500 V	
Protection rating	IP54 / IK08	
Surge category	CAT II	

Figura 39 – Wallbox Quasar [95]

O veículo utilizado neste contexto é um Tesla Model 3 equipado com uma bateria de 50 kWh onde 40 kWh é que estão disponíveis [96] A sua bateria de iões de lítio permite armazenar excedentes de produção fotovoltaica durante o dia e disponibilizá-los posteriormente para consumo doméstico através do sistema bidirecional instalado, contribuindo para o aumento do autoconsumo e para a redução da dependência da rede elétrica.

A plataforma FusionSolar [97] foi utilizada como ferramenta principal de recolha e análise dos dados necessários ao estudo, permitindo acompanhar o desempenho do sistema fotovoltaico e do carregamento bidirecional ao longo do mês de setembro de 2025. Através da sua interface web, o utilizador pôde aceder a informação em tempo real ou selecionar períodos específicos para análise, obtendo dados detalhados sobre produção solar, fluxos de energia, funcionamento do inversor. Esta capacidade de monitorização contínua e histórica em cloud revelou-se essencial para formalizar o estudo, garantindo uma avaliação rigorosa do comportamento energético da habitação e da integração do Tesla Model 3 no sistema.



Utilizador omitido por questões de confidencialidade

Figura 40 – Layout da plataforma FusionSolar

3.3 Análise e Tratamento de dados

Serão analisados e tratados os dados de produção e consumos energéticos da habitação. Foi elaborado um fluxograma que representa um sistema de decisão para a gestão inteligente da energia da habitação com produção fotovoltaica e carregamento elétrico bidirecional.

Variáveis:

- **Tempo:**
Intervalo definido de hora a hora, ao longo do mês de setembro, permitindo a correlação entre produção solar, consumo doméstico e estado de carregamento do veículo.
- **Preço médio da eletricidade nas últimas 24 horas:**
Valor médio em €/kWh da eletricidade no mercado nas últimas 24 horas, utilizado como referência para decisões de carregamento ou venda à rede.
- **Preço da eletricidade bi-horário:**
Valor da eletricidade em €/kWh segundo o regime tarifário bi-horário durante o mês de setembro, distinguindo entre períodos de vazio e de ponta, com impacto direto na gestão do carregamento e descarga do veículo [98].
- **Potência ativa total:**
Energia consumida pela habitação em cada intervalo horário, medida em kWh, representando a carga total doméstica. Retirada da plataforma de telemetria FusionSolar.
- **Potência total de saída do inversor:**
Energia produzida pelos painéis solares fotovoltaicos, medida em kWh, recolhida diretamente do inversor, permitindo avaliar o excedente disponível para carregamento ou venda. Retirada da plataforma de telemetria FusionSolar.
- **Estado de carga mínimo:**
Valor mínimo de referência para o estado de carga da bateria do veículo, para garantir autonomia do veículo no uso do dia a dia.
- **Estado de carga atual:**
Valor atual da energia disponível na bateria do veículo, medido em kWh, com base na capacidade útil de 40 kWh, permitindo determinar se o veículo está apto a fornecer energia à habitação ou à rede.

A lógica segue uma sequência condicional que avalia o estado do veículo, a produção solar, o consumo da casa, o preço da eletricidade e o estado de carga da bateria (SOC), com o objetivo de otimizar o uso do veículo e a venda de energia como demonstra a Figura 41.

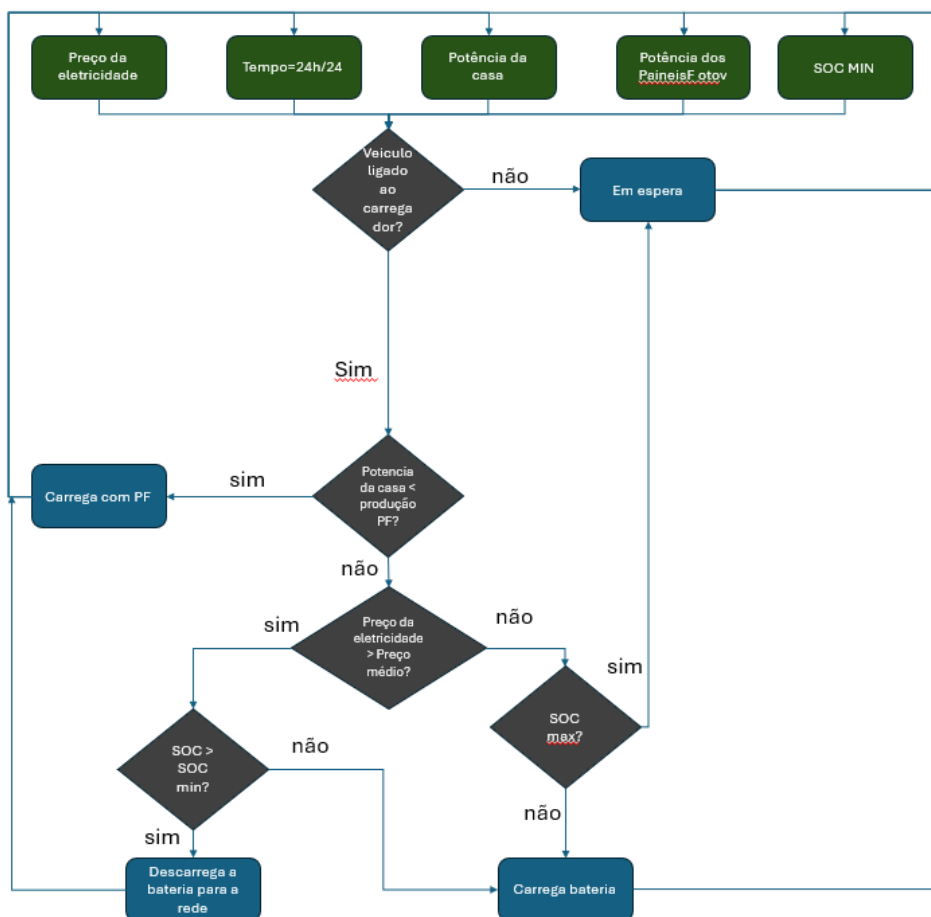


Figura 41 – Diagrama de estados de gestão de energia

O processo inicia-se com a verificação da ligação do veículo ao carregador. Se o veículo não estiver ligado, o sistema entra em modo de espera. Caso esteja ligado, avalia-se se a produção fotovoltaica é suficiente para suprir o consumo da casa. Se for, o excedente é usado para carregar o veículo. Se a produção não for suficiente, o sistema considera o preço atual da eletricidade em comparação com a média das últimas 24 horas. Se o preço estiver elevado, verifica-se se o estado de carga da bateria é superior ao mínimo (SOC MIN). Se for, a bateria é descarregada para a rede; caso contrário, o sistema entra em espera. Se o preço estiver abaixo da média, verifica-se se a bateria está cheia (SOC MAX). Se estiver, o sistema não realiza nenhuma ação; se não estiver, procede ao carregamento da bateria.

Condições:

- *Veículo ligado ao carregador?*
 - *Se não: sistema entra em espera.*
 - *Se sim: continua a avaliação.*
- *Potência da casa < produção PF?*
 - *Se sim: há excedente solar → carregar com PF.*
 - *Se não: verifica-se o preço da eletricidade.*
- *Preço da eletricidade > preço médio?*
 - *Se sim: verifica-se o estado da bateria (SOC).*
 - *Se $SOC > SOC\ MIN$: descarrega para a rede.*
 - *Se $SOC \leq SOC\ MIN$: entra em espera.*
 - *Se não: verifica-se se a bateria está cheia.*
 - *Se $SOC = SOC\ MAX$: entra em espera.*
 - *Se $SOC < SOC\ MAX$: carrega a bateria.*

Outputs:

- **Em espera:** nenhuma ação é tomada; sistema aguarda melhores condições.
- **Carrega com painéis fotovoltaicos:** utiliza o excedente solar para carregar o veículo.
- **Carrega bateria:** armazena energia na bateria quando o preço está baixo.
- **Descarrega a bateria para a rede:** vende energia à rede quando o preço está alto e há carga suficiente.

Foi elaborado um Excel onde foram recolhidos os dados da plataforma de telemetria, os dados de preço de energia e a logica resultante do fluxograma, ambas as tabelas usadas neste trabalho estão nos Anexo D e E. A Tabela 3 apresenta alguns dos dados recolhidos.

Tabela 3 – Amostra de dados recolhidos da plataforma de telemetria

Tempo [Horas]	preço médio da eletricidade nas últimas 24H €/kWh	Preço da eletricidade Bi-horário €/kWh	Potencia casa _Active power[kW]	Potência Solar _Total input power[kW]	SOC min (70%) =28kW	SOC atual (100%) = 40kW	Preço da eletricidade > Preço médio? 0- não 1-Sim	Potencia da casa < produção Solar? 0- não 1-Sim	A vender para rede? 0- não 1-Sim	Veículo ligado ao carregador? 0- não 1-Sim	Venda de energia por hora [€]	Compra de energia por hora [€]
1	0,1258	0,0929	5,36	0	28	25	0	0	0	1	0	0,5574
2	0,1258	0,0929	2,66	0	28	31	0	0	0	1	0	0,5574
3	0,1258	0,0929	2,31	0	28	37	0	0	0	1	0	0,2787
4	0,1258	0,0929	2,32	0	28	40	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,11	0	28	40	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,72	0	28	40	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,51	0,01	28	40	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,09	1,44	28	40	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	3,63	8,16	28	40	1	1	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	11,97	20,54	28	40	1	1	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	26,44	29,2	28	40	1	1	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	23,92	40,48	28	40	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	6,53	45,09	28	40	1	1	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	32,86	48,41	28	40	1	1	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	54,3	45,11	28	33,2	1	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	54,06	30,07	28	28	1	0	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	8,42	23,64	28	34	1	1	0	1	0	0,9222
18	0,1258	0,1537	2,44	15,11	28	40	1	1	0	1	0	0
19	0,1258	0,1537	5,09	11,8	28	40	1	1	0	1	0	1,04516
20	0,1258	0,1537	14,32	2,19	28	33,2	1	0	1	1	1,04516	0
21	0,1258	0,1537	9,59	0,01	28	28	1	0	1	1	0,79924	0
22	0,1258	0,0929	3,88	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,82	0	28	40	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,79	0	28	40	0	0	0	1	0	0

A análise das tabelas permitiu aferir que, no cenário em que o veículo é utilizado em contexto laboral, ou seja, com uma taxa de utilização do carregador doméstico próxima dos 63% e uma limitação do estado de carga (SoC) que impede a sua descida abaixo dos 70% (ver Anexo D) o seu lucro mensal foi negativo ou seja foi preciso comprar energia para o uso do sistema, os resultados obtidos contrastam com a situação alternativa, em que se assume que o veículo permanece permanentemente ligado ao carregador, sendo apenas imposta uma restrição mínima de 20% no SoC (ver Anexo E). Neste segundo caso, observou-se um lucro mensal de 27,04 €, evidenciando o impacto positivo de uma maior flexibilidade na gestão da energia armazenada.

Para este caso de estudo não foi possível obter alguns dados sobre o verdadeiro estado de carregamento, deste modo, na coluna “Veículo ligado ao carregador?” este valor foi arbitrado de modo a representar uma utilização do veículo, a coluna “SOC atual (100%) = 40kW” foi usada uma fórmula em Excel para calcular a mesma:

```
=LET(
    preco_medio; B3; preco_eletricidade; C3; potencia_casa; D3; potencia_solar; E3;
    soc_min; F3; veiculo_ligado; K3; soc_anterior; G2;
    carga; SE(veiculo_ligado=1; SE(OU(preco_eletricidade<preco_medio;
    potencia_solar>potencia_casa); MÍNIMO(6; 40-soc_anterior); 0); 0);
    descarga; SE(E(potencia_casa>potencia_solar; preco_eletricidade>preco_medio;
    soc_anterior>soc_min); MÍNIMO(6,8; soc_anterior-soc_min); 0);
    soc_novo; soc_anterior + carga - descarga; soc_novo)
```

A função “LET” permite definir variáveis nomeadas dentro da própria fórmula, melhorando a sua leitura. No final, a última variável “soc_novo” é o valor devolvido.

- Na coluna “**Venda de energia por hora [€]**” foi usada a seguinte fórmula para calcular o valor em euros por hora da venda de energia do sistema para rede:

```
=SE(Preço da eletricidade Bi horario;
(soc_atual_novo- soc_atual_anterior)*-1* A vender para rede?; 0).
```

- A coluna “**Compra de energia por hora [€]**” foi usada a seguinte fórmula para calcular o valor em euros por hora da compra de energia do sistema à rede:

```
=SE(E(SoC_Atual<SoC_Max;
A vender para rede?=0; Veículo ligado ao carregador?>0);
ABS((soc_atual_novo - soc_atual_anterior)* Preço da eletricidade Bi horario); 0)
```


4 Implementação da Metodologia

Este capítulo corresponde à análise dos dados recolhidos da plataforma FusionSolar e os restantes dados, com uma ferramenta de suporte e análise através de ML, neste caso a ferramenta WEKA. A Figura 42 ilustra o processo para a implementação de previsão de dados através de algoritmos de ML.

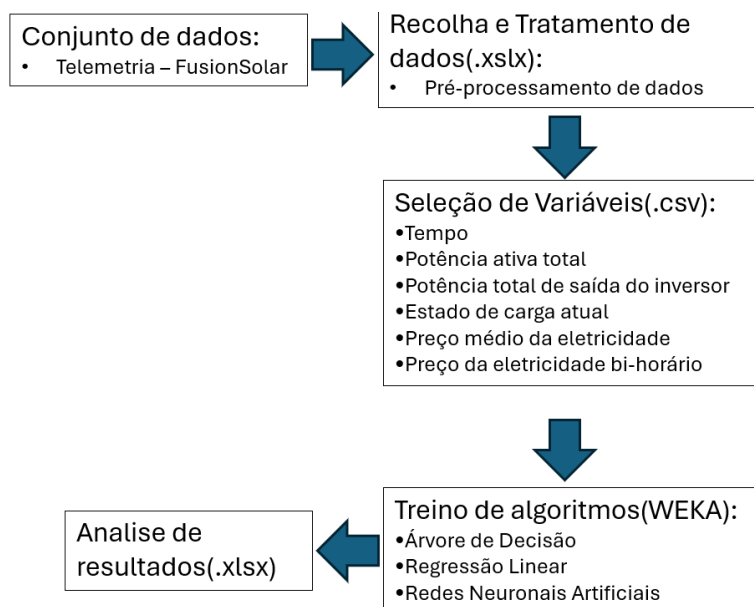


Figura 42 – Fluxograma do processo

4.1 Seleção de algoritmos

Procedeu-se à seleção de três algoritmos de previsão com vista à análise comparativa do seu desempenho sobre o conjunto de dados em estudo. A escolha dos algoritmos foi orientada por critérios de robustez, diversidade metodológica e adequação ao tipo de variáveis envolvidas. Importa salientar que, apesar de aplicados ao mesmo conjunto de treino, cada algoritmo pode atribuir diferentes níveis de relevância aos parâmetros disponíveis, o que se traduz em variações significativas na interpretação dos dados e nos resultados obtidos.

A plataforma WEKA, utilizada para a implementação dos modelos, disponibiliza um sumário estatístico após a aplicação de cada algoritmo, permitindo ao utilizador aceder a métricas de desempenho, erros de previsão e indicadores de correlação. Esta funcionalidade é particularmente útil para a comparação entre modelos, uma vez que oferece uma leitura estruturada dos resultados, facilitando a identificação do algoritmo mais ajustado ao problema em análise. A Figura 43 ilustra, de forma detalhada, os elementos que podem ser extraídos do relatório gerado pela plataforma, incluindo medidas de erro absoluto, coeficiente de determinação e tempo de execução.

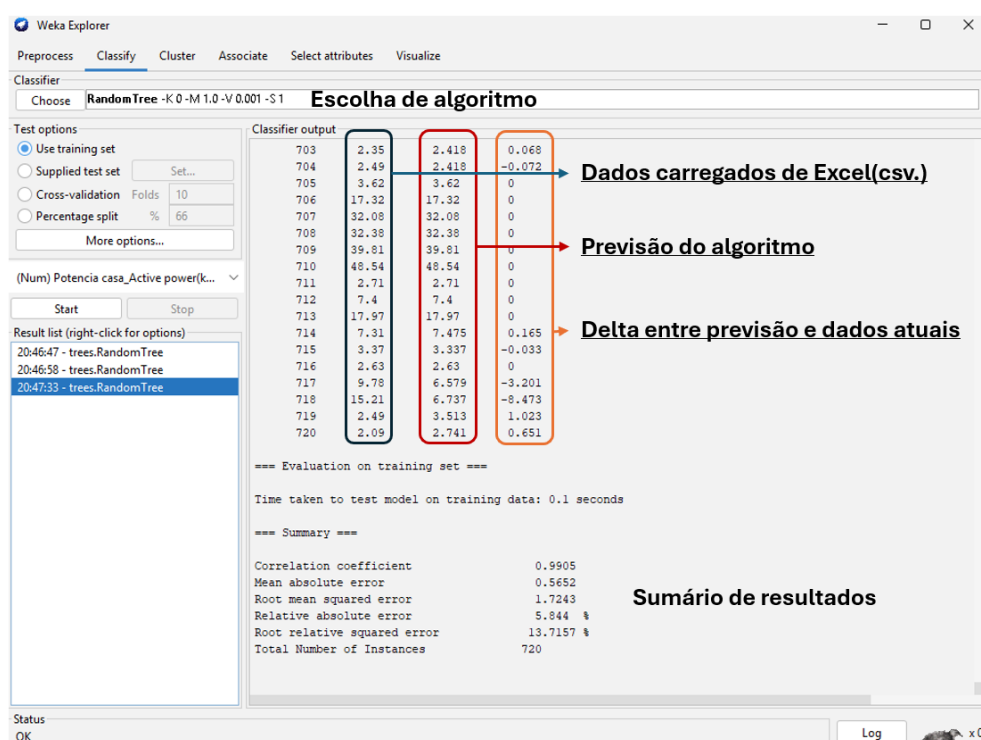


Figura 43 – Relatório do algoritmo

Para efeitos de validação e análise, foram considerados os seguintes algoritmos de previsão:

- Regressão Linear (*Linear Regression – LR*)
- Rede Neural Artificial (*Multilayer Perceptron – MLP*)
- Árvore de Decisão (*Random Tree – RT*)

A aplicação sequencial destes modelos permitiu não apenas avaliar a capacidade preditiva de cada abordagem, mas também explorar a sensibilidade dos algoritmos face à estrutura dos dados. Esta etapa assume particular relevância na construção de sistemas de apoio à decisão, onde a fiabilidade das previsões é determinante para a definir o melhor resultado. A análise comparativa entre os modelos foi complementada com a observação dos seus comportamentos em diferentes cenários de simulação, reforçando a consistência dos resultados e contribuindo para uma fundamentação mais sólida das conclusões apresentadas.

Árvore de Decisão (*Random Tree – RT*):

Nos contextos atuais, é comum lidarmos com variáveis cujo comportamento apresenta oscilações significativas, muitas vezes imprevisíveis, o que condiciona a precisão das análises e das previsões. No caso deste estudo o SoC atual resulta diretamente da relação entre a potência consumida pela habitação, a potência solar disponível e o preço da eletricidade em regime bi-horário, formando um conjunto de variáveis que evoluem de forma simultânea e mutuamente influenciada.

A utilização do *Random Tree*, neste contexto, contribui para a diversificação metodológica da análise preditiva, permitindo comparar o seu desempenho com outros algoritmos aplicados ao mesmo conjunto de dados. Esta abordagem reforça a robustez do estudo, ao proporcionar uma leitura mais abrangente da capacidade explicativa das variáveis envolvidas e da adequação dos modelos às características específicas do sistema energético em avaliação. Sendo possível visualizar os resultados através do gráfico de dispersão apresentado na Figura 44. Este gráfico representa a comparação entre os valores reais de energia e as previsões geradas pelo modelo. Cada ponto, assinalado por uma cruz, corresponde a uma instância específica, sendo a sua coloração indicativa da magnitude do SoC atual previsto: tons azulados refletem valores mais baixos, enquanto tonalidades alaranjadas representam níveis mais elevados. Todas as observações partilham o mesmo valor de referência para o limite inferior de carga, reforçando a homogeneidade da amostra utilizada. A distribuição dos pontos revela uma tendência de alinhamento ao longo da diagonal principal, o que indica uma correlação positiva entre os valores previstos e os reais, com baixa dispersão e erro associado.

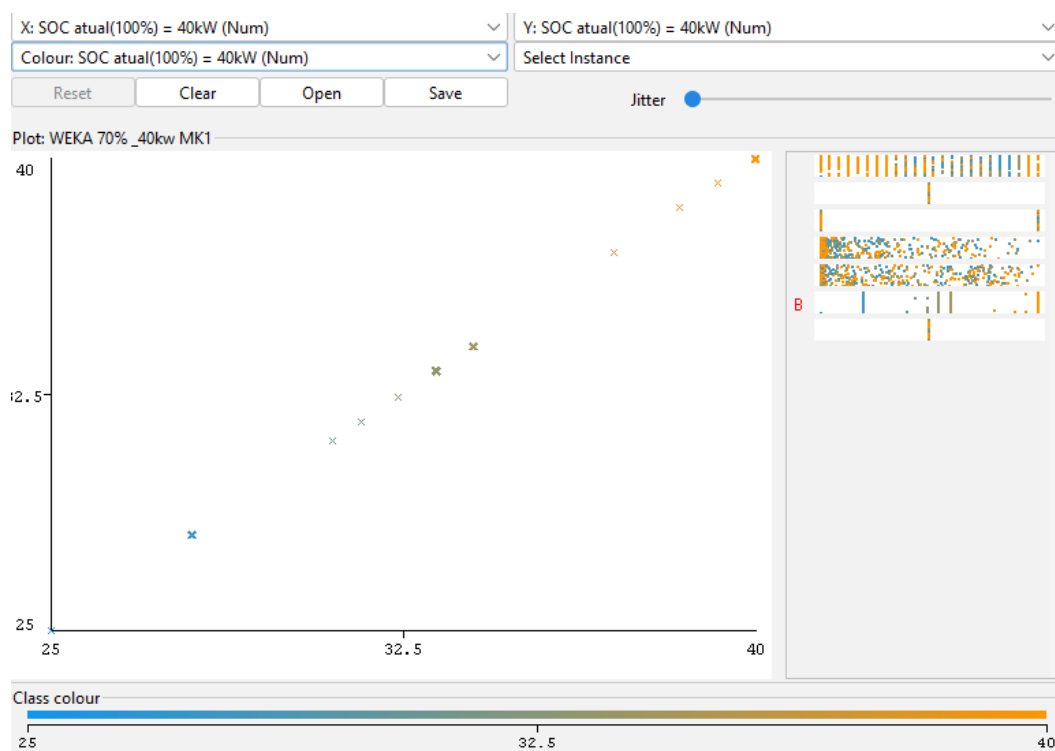


Figura 44 – Comparação entre os valores reais e previsto pelo modelo Árvore de decisão

Regressão Linear (*Linear Regression – LR*):

Este algoritmo de regressão linear baseia-se no método dos mínimos quadrados, visando estimar a função $f(X)$ que melhor aproxima o comportamento observado do SoC atual. Para tal, recorre-se ao método dos mínimos quadrados, que consiste em encontrar valores associados às variáveis independentes que minimiza a soma dos erros quadráticos entre os valores observados e os valores estimados. De seguida encontram-se as equações determinadas para um SoC atual de 70% e 20% em estudo, valores de SoC determinados para explorar dois modos de uso do veículo, em período laboral onde 70% do SoC é o mínimo necessário para este ser usado no dia a dia e 20% do SoC que foi um mínimo estipulado para manter a bateria saudável enquanto o veículo não é usado em período de férias, ou seja, é o limite máximo que o veículo pode descarregar durante estes períodos.

- **Equação de SoC min 70%:**

$$\begin{aligned} \text{SOC atual} = & \\ & -0.1475 * \text{Tempo} + \\ & -101.7493 * \text{Preço da eletricidadeBi horario} + \\ & -0.1514 * \text{Potencia casa_Active power} + \\ & 0.173 * \text{Potencia Solar_Total input power} + \\ & 50.6913 \end{aligned}$$

- **Equação de SoC min 20%:**

$$\begin{aligned} \text{SOC atual} = & \\ & -0.5353 * \text{Tempo} + \\ & -82.6047 * \text{Preço da eletricidadeBi horario} + \\ & -0.2831 * \text{Potencia casa_Active power} + \\ & 0.4109 * \text{Potencia SolarI_Total input power} + \\ & 50.4107 \end{aligned}$$

Rede Neural Artificial (*Multilayer Perceptron – MLP*):

O *multilayer perceptron (MLP)* constitui um modelo de uma rede neuronal artificial, capaz de aprender e representar relações não lineares entre variáveis de entrada e de saída. A sua estrutura em camadas sucessivas, conectando neurónios interligados através de funções de ativação, permite ajustar o comportamento do modelo ao tipo de problema em análise, recorrendo a funções contínuas quando se trata de tarefas de regressão ou a funções categóricas quando o objetivo é a classificação binária ou multi-classe.

À semelhança do procedimento adotado para o modelo de regressão, cada conjunto de dados foi submetido ao processo de treino utilizando o algoritmo MLP, permitindo ao modelo ajustar os pesos associados às ligações neuronais de forma iterativa. Estes pesos, que determinam a influência relativa de cada variável ao longo da rede, encontram-se documentados de forma detalhada nos Anexos B e C. A Figura 45 apresenta o esquema da rede

gerado automaticamente pelo software WEKA, ilustrando a disposição das camadas e a forma como os neurónios se articulam no processo de previsão.

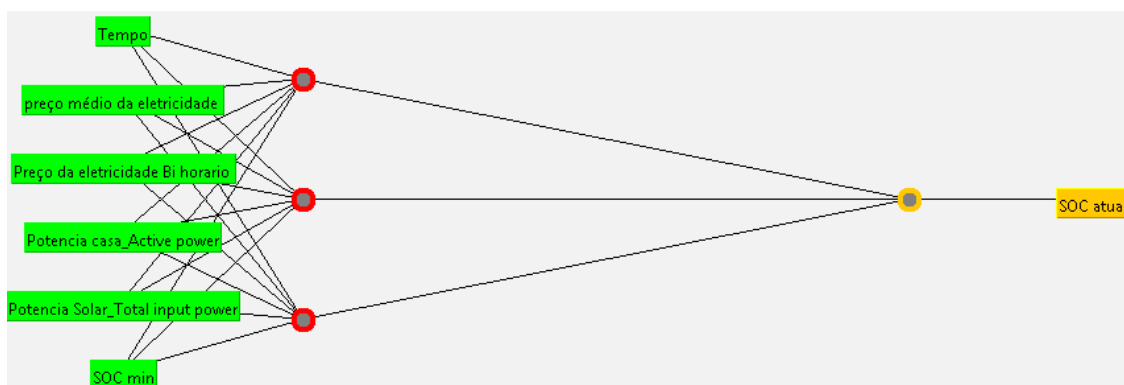


Figura 45 – Multilayer perception SoC atual

4.2 Aplicação da Metodologia

Esta secção contempla a representação gráfica dos dados relativos estado de carga do veículo ao longo das primeiras 72 horas do mês de setembro, bem como as estimativas geradas pelos modelos. Observa-se a linha laranja correspondente ao valor real do SoC da bateria, considerando uma restrição mínima de descarga da sua capacidade total até 70% nas Figuras 45, 46 e 47, e 20% nas Figuras 48, 49 e 50.

Em paralelo, a linha verde assinala os valores previstos por cada um dos algoritmos testados, permitindo uma comparação direta entre os dados observados e os resultados obtidos por modelação. Esta abordagem gráfica visa facilitar a leitura da performance preditiva e a identificação de padrões de divergência ou alinhamento entre os modelos e o comportamento do sistema.

- **Restrição de SoC min 70%:**

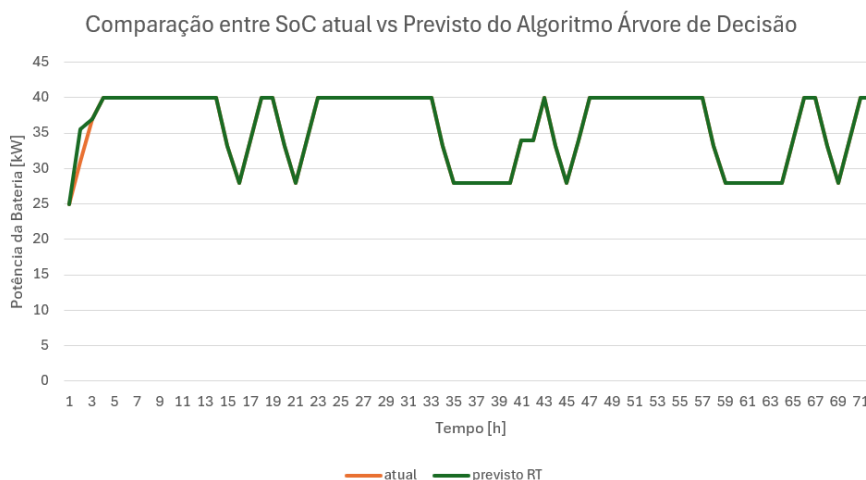


Figura 46 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo Árvore de Decisão

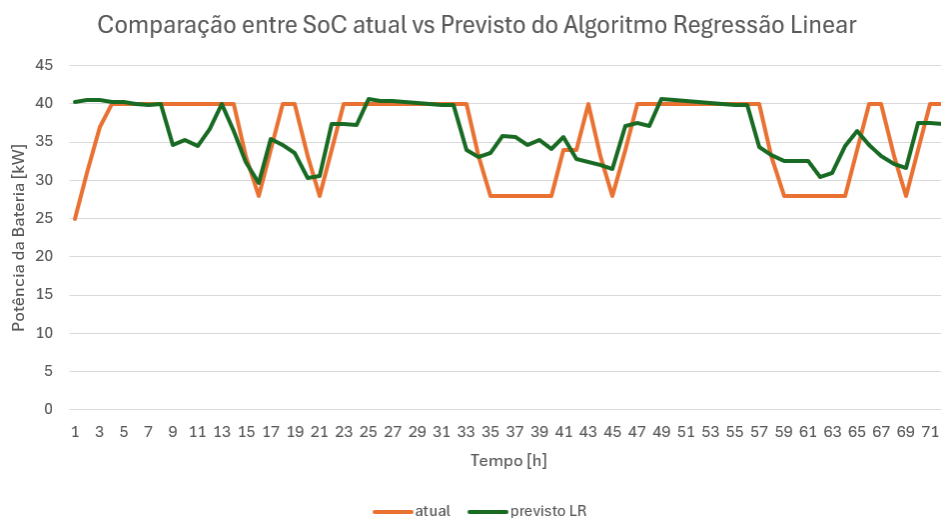


Figura 47 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo Regressão Linear

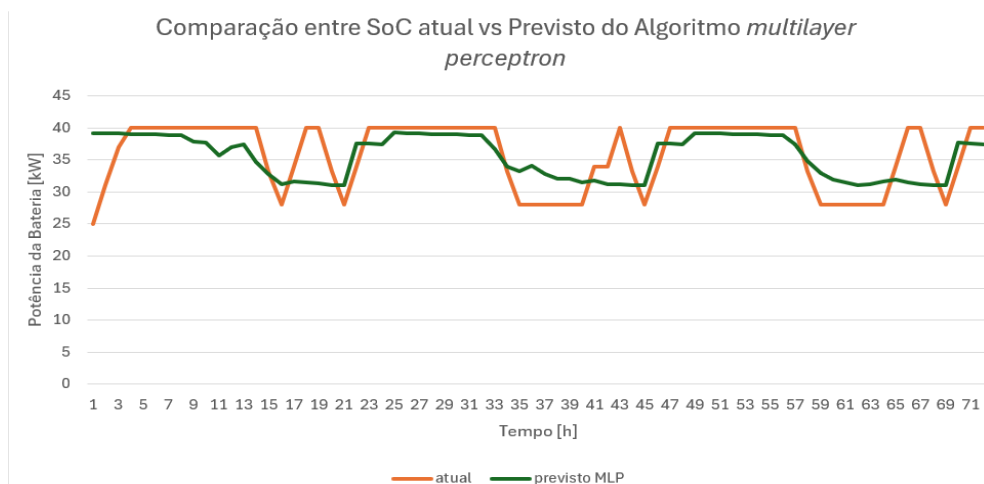


Figura 48 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo *multilayer perceptron*

Tabela 4 – Desempenho dos Algoritmos para SoC min a 70%

	Árvore de Decisão	Regressão Linear	Rede Neural
Coeficiente de correlação	0,999	0,668	0,706
Erro médio absoluto	0,013	2,664	2,777
Erro médio quadrático	0,237	3,639	3,523
Erro médio relativo (%)	0,28%	59,89%	72,08%

- **Restrição de SoC min 20%:**

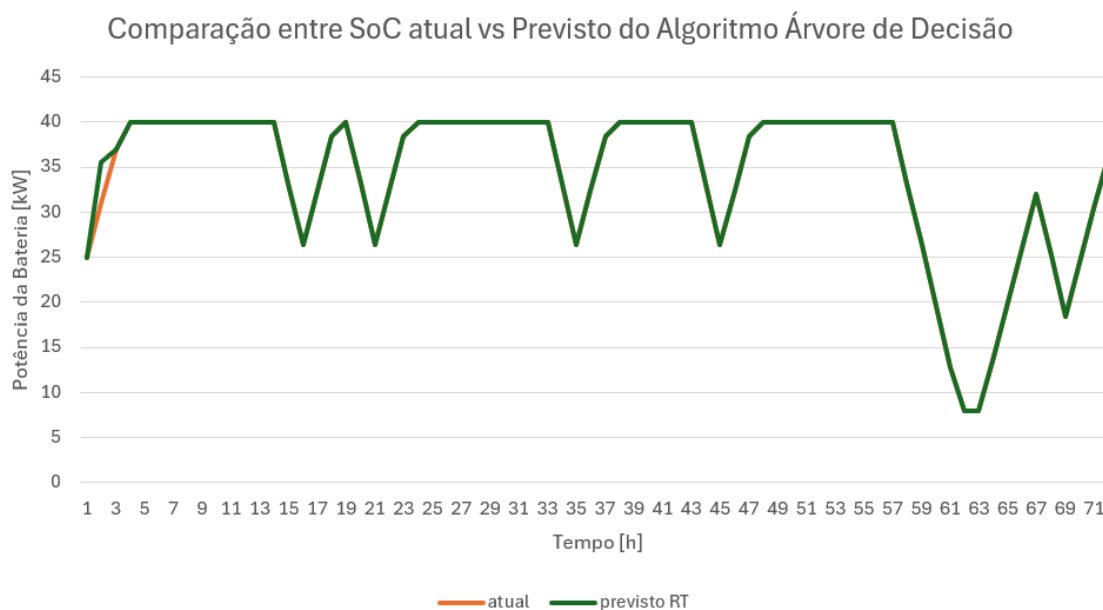


Figura 49 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo Árvore de Decisão, restrição SoC min 20%.

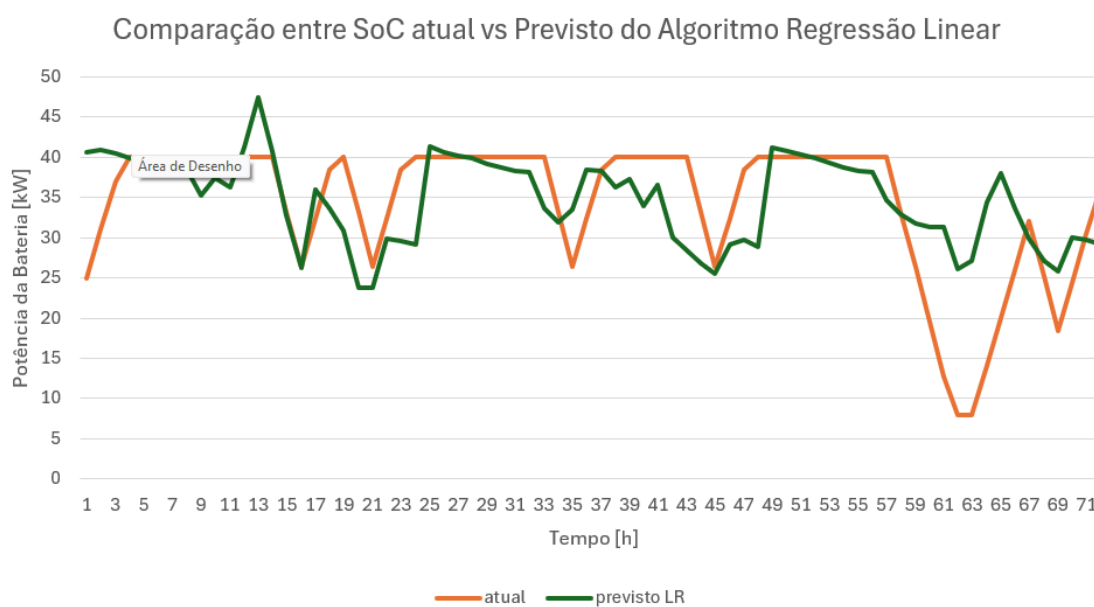


Figura 50 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo Regressão Linear, restrição SoC min 20%.

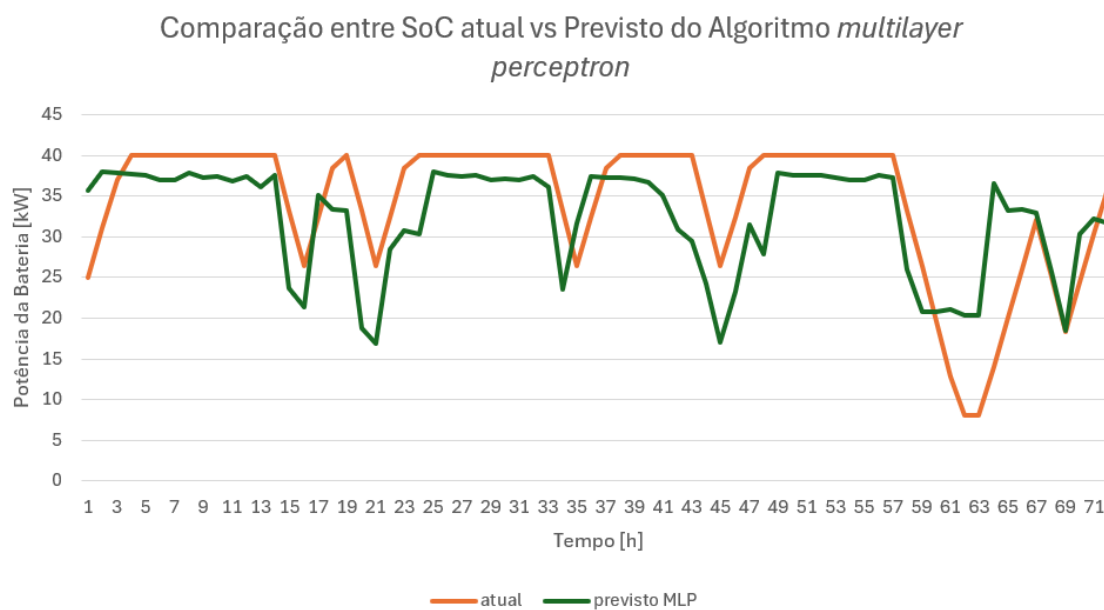


Figura 51 – Comparação entre SoC atual vs Previsto do Algoritmo *multilayer perceptron*, restrição SoC min 20%.

Tabela 5 – Desempenho dos Algoritmos para SoC min a 20%

	Árvore de Decisão	Regressão Linear	Rede Neural
Coeficiente de correlação	0,997	0,679	0,758
Erro médio absoluto	0,079	4,12	4,35
Erro médio quadrático	0,6243	5,87	5,536
Erro médio relativo (%)	1,25%	64,83%	68,46%

4.3 Análise de resultados

Com base na análise dos resultados obtidos a partir das métricas de desempenho aplicadas aos modelos preditivos, constata-se que, entre os três algoritmos testados, o *Random Tree* foi aquele que apresentou, de forma geral, o comportamento mais consistente e eficaz na previsão do estado de carga diário do veículo em estudo. Nas instâncias analisadas, este algoritmo registou os menores valores de erro médio relativo, com desvios percentuais que variaram entre 0,28% e 1,25%, demonstrando uma elevada capacidade de adaptação aos padrões dos dados. A partir desta avaliação, torna-se possível antecipar o comportamento de utilização do veículo com um elevado grau de fiabilidade no quotidiano, permitindo ainda considerar este algoritmo como uma referência robusta para aplicação em situações futuras com características semelhantes.

Relativamente ao modelo de Regressão Linear, observou-se que, apesar da sua menor complexidade o seu desempenho foi muito inferior ao do *Random Tree*, traduziu-se em valores de erro médio relativo mais elevados, oscilando entre 59,89% e 64,83%, o que compromete a sua fiabilidade preditiva. Ainda assim, este método permite derivar uma expressão analítica do tipo $y = mx + b$, possibilitando a construção de uma fórmula direta para estimativas futuras, mesmo que a sua precisão seja inferior à dos restantes algoritmos avaliados.

O algoritmo *multilayer perceptron (MLP)*, baseado em redes neuronais artificiais, apresentou a menor performance dos três algoritmos, com erros médios relativos entre 68,46% e 72,08%. Embora este modelo possua uma elevada capacidade de generalização e seja adequado para capturar relações não lineares complexas, a sua estrutura interna dificulta a interpretação dos pesos atribuídos a cada variável. Os detalhes sobre os coeficientes das funções de ativação encontram-se documentados nos Anexos B e C, permitindo uma análise mais técnica da sua arquitetura. Apesar da sua reconhecida capacidade para modelar relações não lineares de elevada complexidade, a natureza interna do modelo, composta por múltiplas camadas e funções de ativação, torna pouco transparente a interpretação dos pesos atribuídos a cada variável. A informação detalhada sobre estes coeficientes encontra-se descrita nos Anexos B e C, permitindo uma leitura mais aprofundada da sua estrutura.

Importa ainda referir que o reduzido volume de dados disponível, quando comparado com a capacidade computacional deste tipo de rede, penaliza o desempenho global do algoritmo.

A construção dos modelos foi realizada com base nos dados recolhidos, da plataforma de telemetria, dados da Erse e valores arbitrados de modo a representar uma possível utilização do veículo, utilizando a ferramenta WEKA para aplicar os algoritmos de aprendizagem automática. As previsões geradas correspondem à estimativa da SoC atual presente no veículo para cada restrição de SoC min de 70% e 20% respetivamente, resultando da interação entre variáveis como potência ativa, produção solar, tempo de operação e estado de carga. A avaliação comparativa dos algoritmos foi conduzida com recurso ao erro médio relativo, métrica que quantifica o desvio percentual entre os valores reais e os previstos, sendo este desvio tanto positivo como negativo.

Em termos práticos, e considerando os resultados obtidos, o *Random Tree* destacou-se como o modelo mais robusto e fiável para prever o valor de SoC necessário ao uso diário do veículo, revelando-se a abordagem mais adequada para aplicação em contextos reais de gestão energética.

5 - Conclusão

A presente dissertação procurou responder a uma necessidade no setor energético: a integração eficaz dos VE como unidades de armazenamento distribuído em diferentes tipologias de rede elétrica. Esta questão, que se insere num contexto mais amplo de transição energética e descarbonização, foi abordada a partir várias perspetivas, articulando os domínios técnicos, económicos e regulatório. Através da recolha de dados reais via plataforma de telemetria, da aplicação de algoritmos de aprendizagem automática e da simulação de cenários operacionais com diferentes restrições de carregamento, foi possível construir modelos preditivos robustos e avaliar a sua aplicabilidade prática.

A análise dos resultados permitiu concluir que o algoritmo *Random Tree* se destacou pelo seu desempenho consistente na previsão do SoC, com baixos valores de erro médio relativo, o que reforça a sua adequação para aplicações em contexto real. Paralelamente, a simulação de cenários com diferentes perfis de utilização do carregador revelou que, mesmo com restrições de descarga, é possível alcançar ganhos económicos mensais, contribuindo para a viabilidade financeira da integração dos VE como ativos energéticos.

Do ponto de vista técnico, os resultados demonstram que a utilização de algoritmos de ML pode ser uma ferramenta eficaz na gestão inteligente da energia, permitindo antecipar padrões de consumo e otimizar o uso das baterias dos VE. Do ponto de vista económico, os cenários analisados evidenciam o potencial de retorno financeiro para os utilizadores, sobretudo quando se adota uma lógica de carregamento flexível e adaptada às condições da rede. Por fim, do ponto de vista regulatório, a análise reforça a importância de políticas públicas que incentivem a interoperabilidade, a normalização técnica e a criação de modelos de compensação justos para os serviços prestados à rede.

Em síntese, esta investigação confirma que os veículos elétricos, quando integrados de forma estratégica e suportados por ferramentas analíticas adequadas, podem desempenhar um papel central na modernização e sustentabilidade das redes elétricas. A sua valorização como elementos ativos no sistema energético representa não apenas uma oportunidade tecnológica, mas também um passo decisivo rumo a um modelo energético mais resiliente, eficiente e alinhado com os objetivos de neutralidade carbónica.

Como perspetiva de trabalho futuro, destaca-se a importância de aprofundar a recolha de dados diretamente a partir do carregador do veículo elétrico, de forma a captar com maior granularidade informações como ciclos de carregamento, horários de ligação, potência instantânea e padrões de utilização. Esta recolha contínua e automatizada permitirá alimentar os modelos preditivos com dados mais ricos e fiáveis, aumentando a precisão das estimativas.

Adicionalmente, propõe-se o desenvolvimento de uma aplicação em Python que integre os algoritmos de previsão validados nesta dissertação, com o objetivo de disponibilizar uma ferramenta acessível e intuitiva para qualquer utilizador. Esta aplicação deverá permitir a introdução de dados personalizados, adaptando-se a diferentes perfis de habitação e hábitos de utilização, e fornecendo previsões diárias do SoC e da energia necessária para o dia seguinte. A facilidade de uso será um critério central, garantindo que mesmo utilizadores sem formação técnica possam beneficiar das funcionalidades da aplicação.

Outro aspeto relevante a considerar é a integração de dados meteorológicos, nomeadamente previsões de radiação solar, temperatura e nebulosidade, com o intuito de estimar com maior rigor a potência solar disponível para carregamento. Esta componente permitirá ao algoritmo ajustar dinamicamente as suas previsões em função das condições climáticas previstas, otimizando a gestão da energia solar disponível.

Por fim, a aplicação poderá também incorporar um módulo de análise económica, capaz de estimar o lucro mensal potencial resultante da utilização do veículo como unidade de armazenamento e fornecimento de energia. Esta funcionalidade permitirá ao utilizador avaliar, de forma clara e fundamentada, os benefícios financeiros associados à sua participação em estratégias de gestão energética baseadas em V2G, reforçando o incentivo à adoção destas soluções no contexto doméstico.

6 - Referências

- [1] "Elektrobit." Accessed: Nov. 11, 2024. [Online]. Available: <https://www.elektrobit.com/blog/vehicle-to-grid-technology/>
- [2] H. N. De Melo, J. P. F. Trovão, P. G. Pereirinha, H. M. Jorge, and C. H. Antunes, "A controllable bidirectional battery charger for electric vehicles with vehicle-To-grid capability," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 67, no. 1, pp. 114–123, Jan. 2018, doi: 10.1109/TVT.2017.2774189.
- [3] M. S. Mastoi *et al.*, "A study of charging-dispatch strategies and vehicle-to-grid technologies for electric vehicles in distribution networks," Dec. 01, 2023, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.egy.2022.12.139.
- [4] "2030.1.1-2021 - IEEE Standard for Technical Specifications of a DC Quick and Bidirectional Charger for Use with Electric Vehicles PDF." Accessed: Nov. 11, 2025. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9714435>
- [5] P. K. C. Wenge, "Models_and_boundaries_of_data_exchange_between_electric-vehicle_and_charging-point._Example_of_a_practical_realisation," 2010.
- [6] Matthias Kübel, "Design Guide for Combined Charging System Combined Charging System," Jun. 2015.
- [7] H. A. T. K. M. E. F. K. Shradha R, *IEEE PESGRE 2020 : IEEE International Conference on "Power Electronics, Smart Grid and Renewable Energy" : 2-4 Jan 2020, Le Méridien Cochin, Kerala, India.* IEEE, 2020.
- [8] "Noel, L., Zarazua de Rubens, G., Kester, J., Sovacool, B.K. (2019). The Technical Challenges to V2G. In: Vehicle-to-Grid. Energy, Climate and the Environment. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04864-8_3".
- [9] International Organization for Standardization, "ISO 15118-1:2019," Edition 2, 2019.
- [10] M. Mültin, "ISO 15118 as the Enabler of Vehicle-to-Grid Applications." [Online]. Available: www.testing-symposium.net
- [11] I. A. D. H. A. Y. S. Uttam Kumar Debnath, "Energy storage model with gridable vehicles for economic load dispatch in the smart grid," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 64, pp. 1017–1024, Jan. 2015.
- [12] B. Al-Hanahi, I. Ahmad, D. Habibi, and M. A. S. Masoum, "Charging Infrastructure for Commercial Electric Vehicles: Challenges and Future Works," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 121476–121492, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3108817.
- [13] M. Khalaf, A. Ayad, M. H. K. Tushar, M. Kassouf, and D. Kundur, "A Survey on Cyber-Physical Security of Active Distribution Networks in Smart Grids," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 29414–29444, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3364362.

- [14] R. Thorat and P. Bhatt, "A Comprehensive Review on G2V,V2G and Optimization Techniques for Grid Integration of Electric Vehicles," in *IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference, R10-HTC*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023, pp. 402–407. doi: 10.1109/R10-HTC57504.2023.10461852.
- [15] G. F. Savari *et al.*, "Assessment of charging technologies, infrastructure and charging station recommendation schemes of electric vehicles: A review," Apr. 05, 2023, *Ain Shams University*. doi: 10.1016/j.asej.2022.101938.
- [16] *2019 International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering : 7-9 February 2019, Cox'sBazar, Bangladesh*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019.
- [17] V. Raveendran and M. G. Nair, "Power factor corrected level-1 DC public green-charging infrastructure to promote emobility in India," *IET Power Electronics*, vol. 13, no. 2, pp. 221–232, Feb. 2020, doi: 10.1049/iet-pel.2019.0009.
- [18] M. Mosleuzzaman, M. D. Hussain, H. M. Shamsuzzaman, A. Mia, and M. S. Hossain, "ELECTRIC VEHICLE POWERTRAIN DESIGN: INNOVATIONS IN ELECTRICAL ENGINEERING," *ACADEMIC JOURNAL ON SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING & MATHEMATICS EDUCATION*, vol. 1, no. 01, pp. 1–18, Oct. 2024, doi: 10.69593/ajieet.v1i01.114.
- [19] W. M. N. Witharama, K. M. D. P. Bandara, M. I. Azeez, K. Bandara, V. Logeeshan, and C. Wanigasekara, "Advanced Genetic Algorithm for Optimal Microgrid Scheduling Considering Solar and Load Forecasting, Battery Degradation, and Demand Response Dynamics," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 83269–83284, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3412914.
- [20] C. Huang and Y. Li, "A Short-Term Prediction Method for PV Power Generation Based on SVM Weather Classification and PSO-BP Neural Network," in *PEAS 2023 - 2023 IEEE 2nd International Power Electronics and Application Symposium, Conference Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2023, pp. 2544–2549. doi: 10.1109/PEAS58692.2023.10394800.
- [21] K. Sariaeddine *et al.*, "EV Charging Infrastructure Discovery to Contextualize Its Deployment Security," *IEEE Transactions on Network and Service Management*, vol. 21, no. 1, pp. 1287–1301, Feb. 2024, doi: 10.1109/TNSM.2023.3318406.
- [22] R. Yang *et al.*, "Comparative Study on the Thermal Characteristics of Solid-State Lithium-Ion Batteries," *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 10, no. 1, pp. 1541–1557, Mar. 2024, doi: 10.1109/TTE.2023.3289997.
- [23] Y. Liu, Y. G. Liao, and M. C. Lai, "Effects of Depth-of-Discharge, Ambient Temperature, and Aging on the Internal Resistance of Lithium-Ion Battery Cell," in *International Conference on Electrical, Computer, and Energy Technologies, ICECET 2021*, Institute of

Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. doi:
10.1109/ICECET52533.2021.9698495.

- [24] H. Walvekar, H. Beltran, S. Sripad, and M. Pecht, "Implications of the Electric Vehicle Manufacturers' Decision to Mass Adopt Lithium-Iron Phosphate Batteries," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 63834–63843, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3182726.
- [25] W. S. Khan and M. Darwish, "Advancing Electric Vehicle Technologies: A Comparative Analysis of Lithium-Ion and Emerging Solid-State Battery Systems," in *2024 59th International Universities Power Engineering Conference, UPEC 2024*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2024. doi: 10.1109/UPEC61344.2024.10892478.
- [26] J. F. Peters, M. Baumann, B. Zimmermann, J. Braun, and M. Weil, "The environmental impact of Li-Ion batteries and the role of key parameters – A review," Jan. 01, 2017, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2016.08.039.
- [27] D. Pelosi, L. Trombetti, F. Gallorini, P. A. Ottaviano, and L. Barelli, "Advanced Online State-of-Health Prediction and Monitoring of Na-ion Battery for Electric Vehicles Application," *IEEE Open Journal of Industry Applications*, 2025, doi: 10.1109/OJIA.2025.3527721.
- [28] Y. Qin, Z. Xu, J. Du, H. Guo, L. Lu, and M. Ouyang, "External Liquid Cooling Method for Lithium-ion Battery Modules under Ultra-fast Charging," in *2021 6th International Conference on Power and Renewable Energy, ICPRE 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021, pp. 1169–1174. doi: 10.1109/ICPRE52634.2021.9635179.
- [29] M. Rasheed, M. Kamel, H. Wang, R. Zane, and K. Smith, "Investigation of Active Life Balancing to Recondition Li-ion Battery Packs for 2 nd Life."
- [30] A. Gajduk, V. Zdraveski, L. Basnarkov, M. Todorovski, and L. Kocarev, "A Strategy for Power System Stability Improvement via Controlled Charge/Discharge of Plug-in Electric Vehicles," Jun. 2015, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/1506.07097>
- [31] R. P. Upputuri and B. Subudhi, "A Comprehensive Review and Performance Evaluation of Bidirectional Charger Topologies for V2G/G2V Operations in EV Applications," *IEEE Transactions on Transportation Electrification*, vol. 10, no. 1, pp. 583–595, Mar. 2024, doi: 10.1109/TTE.2023.3289965.
- [32] M. Kwon and S. Choi, "An Electrolytic Capacitorless Bidirectional EV Charger for V2G and V2H Applications," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 32, no. 9, pp. 6792–6799, Sep. 2017, doi: 10.1109/TPEL.2016.2630711.
- [33] *European Energy Market (EEM), 2015 12th International Conference on the.* 2015.

- [34] S. L. Rani and V. V. R. Raju, "V2G and G2V Technology in Micro-Grid Using Bidirectional Charger: A Review," in *ICPC2T 2022 - 2nd International Conference on Power, Control and Computing Technologies, Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. doi: 10.1109/ICPC2T53885.2022.9777085.
- [35] S. Madhusudhanan and P. Sivraj, "Development of Communication Simulator for Electric Vehicle Charging following ISO 15118," in *2022 IEEE North Karnataka Subsection Flagship International Conference, NKCon 2022*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2022. doi: 10.1109/NKCon56289.2022.10126833.
- [36] J. Schröder, A. Jahic, L.-H. Michael, P. Möbius, and D. Schulz, *Mobile Emergency Power Supply through the Use of Electric Bus Fleets (V2G) for the Example of the Metropolis of Hamburg*.
- [37] R. Martin, "GHG EMISSIONS OF ALL WORLD COUNTRIES JRC SCIENCE FOR POLICY REPORT," doi: 10.2760/0115360.
- [38] *Decarbonising road transport : the role of vehicles, fuels and transport demand*. Publications Office of the European Union, 2022.
- [39] I. Energy Agency, "Global EV Outlook 2024 Moving towards increased affordability," 2024. [Online]. Available: www.iea.org
- [40] R. Sathre and L. Gustavsson, "A lifecycle comparison of natural resource use and climate impact of biofuel and electric cars," *Energy*, vol. 237, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.energy.2021.121546.
- [41] J. Liu, S. Cao, X. Chen, H. Yang, and J. Peng, "Energy planning of renewable applications in high-rise residential buildings integrating battery and hydrogen vehicle storage," *Appl. Energy*, vol. 281, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.116038.
- [42] K. M. Tan, V. K. Ramachandaramurthy, and J. Y. Yong, "Integration of electric vehicles in smart grid: A review on vehicle to grid technologies and optimization techniques," Jan. 01, 2016, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.rser.2015.09.012.
- [43] M. S. Hernández, "Reducing Blackout Risk by Segmenting European Power Grid with HVDC Lines," *Lenguas Modernas*, no. 62, pp. 183–209, 2023, doi: 10.13039/501100011033.
- [44] "Nissan Leaf-to-Home", Accessed: May 06, 2025. [Online]. Available: <https://www.extremetech.com/cars/92314-nissan-leaf-can-power-your-house-for-a-day-or-two>
- [45] F. Mwasilu, J. J. Justo, E. K. Kim, T. D. Do, and J. W. Jung, "Electric vehicles and smart grid interaction: A review on vehicle to grid and renewable energy sources integration," 2014, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.rser.2014.03.031.

- [46] Y. Ma, T. Houghton, A. Cruden, and D. Infield, "Modeling the benefits of vehicle-to-grid technology to a power system," *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 27, no. 2, pp. 1012–1020, May 2012, doi: 10.1109/TPWRS.2011.2178043.
- [47] P. Keil and A. Jossen, "Aging of Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles: Impact of Regenerative Braking EVS28 International Electric Vehicle Symposium and Exhibition 2."
- [48] M. Dubarry, A. Devie, K. Stein, M. Tun, M. Matsuura, and R. Rocheleau, "Battery Energy Storage System battery durability and reliability under electric utility grid operations: Analysis of 3 years of real usage," *J. Power Sources*, vol. 338, pp. 65–73, Jan. 2017, doi: 10.1016/j.jpowsour.2016.11.034.
- [49] P. Bach, H. Toghroljerdi, T. Meier, B. Eske, and J. Christian Morell Lodberg, "General rights The Parker Project: Final Report."
- [50] T. Morstyn, N. Farrell, S. J. Darby, and M. D. McCulloch, "Using peer-to-peer energy-trading platforms to incentivize prosumers to form federated power plants," Feb. 01, 2018, *Nature Publishing Group*. doi: 10.1038/s41560-017-0075-y.
- [51] E. Wallander, B. Frank, M. Alaküla, and F. J. Márquez-Fernández, "Full electric farming with on-field energy replenishment," *Appl. Energy*, vol. 377, Jan. 2025, doi: 10.1016/j.apenergy.2024.124416.
- [52] D. Qiu, Y. Ye, D. Papadaskalopoulos, and G. Strbac, "Scalable coordinated management of peer-to-peer energy trading: A multi-cluster deep reinforcement learning approach," *Appl. Energy*, vol. 292, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.apenergy.2021.116940.
- [53] M. İnci, Ö. Çelik, A. Lashab, K. Ç. Bayındır, J. C. Vasquez, and J. M. Guerrero, "Power System Integration of Electric Vehicles: A Review on Impacts and Contributions to the Smart Grid," Mar. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/app14062246.
- [54] J. García-Villalobos, I. Zamora, J. I. San Martín, F. J. Asensio, and V. Aperribay, "Plug-in electric vehicles in electric distribution networks: A review of smart charging approaches," 2014, *Elsevier Ltd*. doi: 10.1016/j.rser.2014.07.040.
- [55] R. Wolbertus, R. van den Hoed, M. Kroesen, and C. Chorus, "Charging infrastructure roll-out strategies for large scale introduction of electric vehicles in urban areas: An agent-based simulation study," *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 148, pp. 262–285, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.tra.2021.04.010.
- [56] N. Sadeghianpourhamami, N. Refa, M. Strobbe, and C. Develder, "Quantitative analysis of electric vehicle flexibility: A data-driven approach," *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*, vol. 95, pp. 451–462, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.ijepes.2017.09.007.

- [57] Benjamin Schäfer, Dirk Witthaut, and Marc Timme, *2018 IEEE Conference on Control Technology and Applications (CCTA) : 21-24 August 2018*. IEEE, 2018.
- [58] M. M. Vazifeh, P. Santi, G. Resta, S. H. Strogatz, and C. Ratti, "Addressing the minimum fleet problem in on-demand urban mobility," *Nature*, vol. 557, no. 7706, pp. 534–538, May 2018, doi: 10.1038/s41586-018-0095-1.
- [59] L. Noel, G. Zarazua de Rubens, J. Kester, and B. K. Sovacool, *Vehicle-to-Grid*. Cham: Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-04864-8.
- [60] *IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies, Europe : 12-15 October 2014, Istanbul, Turkey*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2015.
- [61] "Energy and environmental goals drive change," 2016. Accessed: Sep. 13, 2025. [Online]. Available: https://www.caiso.com/documents/flexibleresourceshelprenewables_fastfacts.pdf
- [62] H. Lei *et al.*, "A Coordinated Charging Strategy for Electric Vehicles Based on Valley Load Tracking," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics Publishing, Nov. 2019. doi: 10.1088/1742-6596/1314/1/012075.
- [63] M. Al-Saadi *et al.*, "Optimization and Analysis of Electric Vehicle Operation with Fast-Charging Technologies," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 13, no. 1, Jan. 2022, doi: 10.3390/wevj13010020.
- [64] "Electric Nation Powered Up NIA Closedown Report," 2020.
- [65] "20220506-EEBUS-Communication-Interface-White-Paper_May-2022_FINAL," 2022.
- [66] "Intermediate Version of Distributed Flexibility Asset Markets and Advanced Retail Market Mechanisms Deliverable D3.2 A novel smart grid architecture that facilitates high RES penetration through innovative markets towards efficient interaction between advanced electricity grid management and intelligent stakeholders."
- [67] A. Amin *et al.*, "A review of optimal charging strategy for electric vehicles under dynamic pricing schemes in the distribution charging network," Dec. 01, 2020, *MDPI*. doi: 10.3390/su122310160.
- [68] Y. Wang and L. Li, "Critical peak electricity pricing for sustainable manufacturing: Modeling and case studies," *Appl. Energy*, vol. 175, pp. 40–53, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.apenergy.2016.04.100.
- [69] B. Zafar and S. Ben Slama, "Energy Internet Opportunities in Distributed Peer-to-Peer Energy Trading Reveal by Blockchain for Future Smart Grid 2.0," Nov. 01, 2022, *MDPI*. doi: 10.3390/s22218397.

- [70] O. Simeone, "A Very Brief Introduction to Machine Learning with Applications to Communication Systems," *IEEE Trans. Cogn. Commun. Netw.*, vol. 4, no. 4, pp. 648–664, Dec. 2018, doi: 10.1109/TCCN.2018.2881442.
- [71] B. Fang, X. Li, G. Han, and J. He, "Rethinking Pseudo-Labeling for Semi-Supervised Facial Expression Recognition With Contrastive Self-Supervised Learning," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 45547–45558, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3274193.
- [72] B. Hu, K. Kempf, and N. Mason, "A Workload Characterization Methodology using Supervised and Unsupervised Deep Learning," *IEEE Access*, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3509857.
- [73] F. Buchert, N. Navab, and S. T. Kim, "Toward Label-Efficient Neural Network Training: Diversity-Based Sampling in Semi-Supervised Active Learning," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 5193–5205, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3236529.
- [74] D. H. Abdulazeez and S. K. Askar, "Offloading Mechanisms Based on Reinforcement Learning and Deep Learning Algorithms in the Fog Computing Environment," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 12554–12585, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3241881.
- [75] J. M. H. Pinheiro *et al.*, "The Impact of Feature Scaling In Machine Learning: Effects on Regression and Classification Tasks," *IEEE Access*, 2025, doi: 10.1109/ACCESS.2025.3635541.
- [76] "Amazon Machine Learning." Accessed: Jan. 12, 2026. [Online]. Available: <https://docs.aws.amazon.com/machine-learning/latest/dg/model-fit-underfitting-vs-overfitting.html>
- [77] S. Gupta, B. Kishan, and P. Gulia, "Comparative Analysis of Predictive Algorithms for Performance Measurement," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 33949–33958, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3372082.
- [78] "Correlação e Regressão." Accessed: Jan. 06, 2026. [Online]. Available: <https://www.slideserve.com/madeson-buchanan/correla-o-e-regress-o-powerpoint-ppt-presentation>
- [79] "Understanding MAE, MSE, and RMSE: Key Metrics in Machine Learning." Accessed: Jan. 06, 2026. [Online]. Available: https://dev.to/mondal_sabbha/understanding-mae-mse-and-rmse-key-metrics-in-machine-learning-4la2
- [80] "Google Cloud - O que é uma rede neural?" Accessed: Jan. 07, 2026. [Online]. Available: <https://cloud.google.com/discover/what-is-a-neural-network>
- [81] "The Essential Guide to Neural Network Architectures." Accessed: Jan. 07, 2026. [Online]. Available: <https://www.v7labs.com/blog/neural-network-architectures-guide>

- [82] I. D. Mienye and N. Jere, "A Survey of Decision Trees: Concepts, Algorithms, and Applications," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 86716–86727, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3416838.
- [83] W. Deng, Y. Guo, J. Liu, Y. Li, D. Liu, and L. Zhu, "A missing power data filling method based on improved random forest algorithm," *Chinese Journal of Electrical Engineering*, vol. 5, no. 4, pp. 33–39, Dec. 2019, doi: 10.23919/CJEE.2019.000025.
- [84] L. Breiman, "Random Forests," 2001.
- [85] K. Z. Liu and C. Gan, "Deterministic Gradient-Descent Learning of Linear Regressions: Adaptive Algorithms, Convergence Analysis and Noise Compensation," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 46, no. 12, pp. 7867–7877, 2024, doi: 10.1109/TPAMI.2024.3399312.
- [86] *2020 IEEE 2nd International Conference on System Analysis & Intelligent Computing (SAIC)*. IEEE, 2020.
- [87] "SAS Viya." Accessed: Jan. 07, 2026. [Online]. Available: https://www.sas.com/en_gb/software/viya/capabilities-explore-models.html
- [88] "Vertex AI documentation." Accessed: Jan. 09, 2026. [Online]. Available: <https://docs.cloud.google.com/vertex-ai/docs>
- [89] "Google Cloud Vertex AI Pipelines." Accessed: Jan. 09, 2026. [Online]. Available: <https://www.zenml.io/integrations/gcp-vertexai>
- [90] R. Ilieva and M. Angelov, "Template for Building Manageable Data Mining Autonomous Process with RapidMiner Studio," in *2021 30th International Scientific Conference Electronics, ET 2021 - Proceedings*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Sep. 2021. doi: 10.1109/ET52713.2021.9580103.
- [91] "RapidMiner Studio documentation." Accessed: Jan. 07, 2026. [Online]. Available: <https://docs.rapidminer.com/9.7/studio/getting-started/design-view.html>
- [92] "Comparing the Partitional and Density Based Clustering Algorithms by Using Weka Tool," 2014.
- [93] "SUN2000-2-6-KTL-L1." Accessed: Jan. 08, 2026. [Online]. Available: <https://solar.huawei.com/-/media/Solar/attachment/pdf/mea/datasheet/SUN2000-2-6KTL-L1.pdf>
- [94] "HiKu6 Mono PERC." Accessed: Jan. 09, 2026. [Online]. Available: https://static.csisolar.com/wp-content/uploads/2020/06/21135332/CS-Datasheet-HiKu6_CS6W-MS_v2.1_EN.pdf

- [95] "Wallbox Quasar." Accessed: Jan. 09, 2026. [Online]. Available: https://goodhewsolar.com.au/wp-content/uploads/2022/09/EN_Datasheet_Quasar.pdf
- [96] "Tesla Model 3 Standard Range." Accessed: Jan. 08, 2026. [Online]. Available: <https://ev-database.org/car/1060/Tesla-Model-3-Standard-Range>
- [97] "FusionSolar." Accessed: Jan. 13, 2026. [Online]. Available: <https://eu5.fusionsolar.huawei.com>
- [98] "Simulador de preços de energia da ERSE." Accessed: Nov. 09, 2025. [Online]. Available: <https://simuladorprecos.erse.pt/>

Anexo A - Apresentação das características energéticas de diferentes baterias

Energy storage systems	Energy density (Wh/L)	Power density (W/L)	Cycle life	Advantages	Disadvantages
Lead-acid battery [18,19]	3–15	90–700	250–1500	High power density and specific power	Short life span and high maintenance costs
Fuel cell [19,21]	600	0.2–20	103–104	High energy density and long lifespan	High cost and Insufficient durability of start-stop cycles
Ni-Fe [18,20]	50–60	100	>10,000	Long service life, more environmentally friendly	Poor discharge capacity and stability
Ni-MH [18,20]	50–100	/	800–1200	Longer service life and more environmentally friendly	Relatively short range Rapid growth of dendrites inside the cell, preventing use in vehicles
Ni-Zn [18,20]	>145	>1700	>500	High energy density and high power density	Poor overcharge/discharge capability, overcharge
Li-ion battery [18,19]	200–300	1300–10,000	600–4500	High power density	
LiFeO ₄ [18,19]	70–80	>1000	>2000	Good thermal stability, high power density	Influenced by the environment
LiNiMnCoO ₂ [18,19]	150–220	/	1000–2000	High energy, high power, low cost	Poor thermal stability, difficult to prepare
LiCoO ₂ [18,19]	700	<25	500–1000	High energy density, longer life cycle	Poor thermal stability and high cost prevent widespread use in vehicles.
ASSB [21]	250–400	1500–6000	2000–3000	High energy density, long life, high safety performance	Low power density, high cost
Sodium ion battery [22]	10–15	120–160	2500–4000	High specific power	Safety issues exist

Anexo B - Modelo - MLP_ SoC min 70%

Linear Node 0

Inputs Weights

Threshold -0.02975196913322954

Node 1 -0.03354904496744762

Node 2 0.0189522537739181

Node 3 0.01699262206586752

Sigmoid Node 1

Inputs Weights

Threshold 0.014764887886011324

Attrib Tempo 0.014071506168087458

Attrib preço médio da eletricidade -0.03838124546857024

Attrib Preço da eletricidade Bi horario 0.0085753585571504

Attrib Potencia casa_Active power -0.04383216706053583

Attrib Potencia Solar_Total input power -0.014177903304279392

Attrib SOC min 0.015408654142104267

Sigmoid Node 2

Inputs Weights

Threshold 0.023912399563463707

Attrib Tempo -0.03766480777690661

Attrib preço médio da eletricidade -0.03407529680061616

Attrib Preço da eletricidade Bi horario 0.02107655993435867

Attrib Potencia casa_Active power -0.028267181334612014

Attrib Potencia Solar_Total input power -0.0017223505787969037

Attrib SOC min 0.01282029030913756

Sigmoid Node 3

Inputs Weights

Threshold -0.024648719142686827

Attrib Tempo -0.037883740576908256

Attrib preço médio da eletricidade -0.011499806269411203

Attrib Preço da eletricidade Bi horario -0.03137255616581387

Attrib Potencia casa_Active power 0.011234173220386647

Attrib Potencia Solar_Total input power -0.023138593227037874

Attrib SOC min -0.03199034637856847

Class

Input

Node 0

Anexo C - Modelo - MLP_ SoC min 20%

Linear Node 0

Inputs Weights

Threshold -0.22149230604789333

Node 1 2.9278123783367414

Node 2 -1.8643623958056823

Node 3 1.0652440110914378

Sigmoid Node 1

Inputs Weights

Threshold -2.7663807636397992

Attrib Tempo -1.1649953562415902

Attrib Preço médio da eletricidade -0.03838124546857024

Attrib Preço da eletricidade Bi horario -4.571199121381893

Attrib Potencia casa_Active power4.295165410401565

Attrib Potencia Solar_Total input power 2.2044612550894787

Attrib SOC min 0.015408654142104267

Sigmoid Node 2

Inputs Weights

Threshold -8.911940777198899

Attrib Tempo 5.122677223078916

Attrib Preço médio da eletricidade -0.03407529680061616

Attrib Preço da eletricidade Bi horario 2.403963883752309

Attrib Potencia casa_Active Power -2.87080352358617

Attrib Potencia Solar_Total input power 1.3538191479428332

Attrib SOC min 0.01282029030913756

Sigmoid Node 3

Inputs Weights

Threshold -0.21848907193901645

Attrib Tempo -1.27358263482089

Attrib Preço médio da eletricidade -0.011499806269411203

Attrib Preço da eletricidadeBi horario €/kWh -0.9493267447607644

Attrib Potencia casa_Active power -19.29211703021283

Attrib Potencia Solar_Total input power 17.810021365504458

Attrib SOC min -0.03199034637856847

Class

Input

Node 0

Anexo D – Tabela - SoC min 70%

Tempo [Horas]	preço médio da eletricidade de nas últimas 24H €/kWh	Preço da eletricidade de BI-horário €/kWh	Potencia casa _Active power[kW]	Potência Solar _Total input power[kW]	SOC min (70%) =28kW	SOC atual (100%) = 40kW	Preço da eletricidade de > Preço médio? 0- não 1-Sim	Potencia da casa < produção Solar? 0- não 1-Sim	A vender para rede? 0- não 1-Sim	Veículo ligado ao carregador? 0- não 1-Sim	Venda de energia a por hora [€]	Compr a de energia a por hora [€]	Lucro total mensal [€]
1	0,1258	0,0929	5,36	0	28	25	0	0	0	1	0	0,5574	
2	0,1258	0,0929	2,66	0	28	31	0	0	0	1	0	0,5574	
3	0,1258	0,0929	2,31	0	28	37	0	0	0	1	0	0,2787	
4	0,1258	0,0929	2,32	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,11	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,72	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,51	0,01	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,09	1,44	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,63	8,16	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	11,97	20,54	28	40	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	26,44	29,2	28	40	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	23,92	40,48	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	6,53	45,09	28	40	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	32,86	48,41	28	40	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	54,3	45,11	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	54,06	30,07	28	28	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	8,42	23,64	28	34	1	1	0	1	0	0,9222	
18	0,1258	0,1537	2,44	15,11	28	40	1	1	0	0	1	0	0
19	0,1258	0,1537	5,09	11,8	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	
20	0,1258	0,1537	14,32	2,19	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	9,59	0,01	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	3,88	0	28	34	0	0	0	0	1	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,82	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,79	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0	
1	0,1258	0,0929	2,94	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	3,42	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	3,26	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,59	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	3,07	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,51	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,47	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,13	0,63	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,97	3,8	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	12,24	7,3	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	18,01	16,66	28	28	1	0	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	17,2	29,4	28	28	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	19,67	31,96	28	28	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	29,06	34,93	28	28	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	26,4	36,81	28	28	1	1	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	17,94	23,99	28	28	1	1	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	9,24	25,9	28	34	1	1	0	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	15,35	15,35	28	34	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	7,27	7,29	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	
20	0,1258	0,1537	2,51	1,43	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	3,48	0,02	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	6,2	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,54	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	3,66	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0	
1	0,1258	0,0929	3,43	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	3,27	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,87	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,37	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,59	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,63	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,32	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,32	0,94	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,11	5,64	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	15,77	12,13	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	26,24	17,98	28	28	1	0	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	25,69	17,92	28	28	1	0	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	25,87	19,32	28	28	1	0	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	25,75	7,88	28	28	1	0	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	25,51	11,28	28	28	1	0	0	0	0	0	

16	0,1258	0,1537	11,88	20,91	28	28	1	1	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	1,98	24,44	28	34	1	1	0	1	0	0,9222
18	0,1258	0,1537	2,34	15,2	28	40	1	1	0	1	0	0
19	0,1258	0,1537	2,35	7,38	28	40	1	1	0	1	0	1,0451
20	0,1258	0,1537	2,41	1,93	28	33,2	1	0	1	1	0	0
21	0,1258	0,1537	2,45	0,03	28	28	1	0	1	1	0	0
22	0,1258	0,0929	3,2	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,25	0	28	40	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,32	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0
1	0,1258	0,0929	2,67	0	28	40	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,43	0	28	40	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2,21	0	28	40	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,23	0	28	40	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	1,98	0	28	40	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,43	0	28	40	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	3,07	1,44	28	40	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	7,6	8,68	28	40	1	1	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	3,65	20,17	28	40	1	1	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	3,65	27,09	28	40	1	1	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	7,98	24,66	28	40	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	3,07	49,38	28	40	1	1	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	47,47	54,09	28	40	1	1	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	44,96	44,96	28	40	1	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	38,61	38,62	28	40	1	1	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	28,34	28,34	28	40	1	0	1	1	0	0
18	0,1258	0,1537	13,89	13,87	28	33,2	1	0	1	1	0	0
19	0,1258	0,1537	6,71	6,68	28	28	1	0	1	1	0	0
20	0,1258	0,1537	3,22	2,27	28	28	1	0	1	1	0	0
21	0,1258	0,1537	2,55	0,02	28	28	1	0	1	1	0	0
22	0,1258	0,0929	2,44	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,45	0	28	40	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,43	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0
1	0,1258	0,0929	2,1	0	28	40	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,3	0	28	40	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,32	0	28	40	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2,45	0	28	40	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,2	0	28	40	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	3	0	28	40	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,33	0	28	40	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	1,98	1	28	40	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	2,17	8,73	28	40	1	1	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	9,68	21,55	28	40	1	1	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	16,79	34,58	28	40	1	1	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	35,72	42,36	28	40	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	49,2	49,22	28	40	1	1	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	51,52	51,49	28	33,2	1	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	45,57	45,58	28	33,2	1	1	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	39,01	38,98	28	28	1	0	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	28,85	28,85	28	28	1	0	1	1	0	0
18	0,1258	0,1537	14,05	14,03	28	28	1	0	1	1	0	0
19	0,1258	0,1537	6,49	6,48	28	28	1	0	1	1	0	0
20	0,1258	0,1537	2,59	1,26	28	28	1	0	1	1	0	0
21	0,1258	0,1537	1,98	0,01	28	28	1	0	1	1	0	0
22	0,1258	0,0929	2,49	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,43	0	28	40	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,33	0	28	40	0	0	0	1	0	0
1	0,1258	0,0929	7,06	0	28	40	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	17,39	0	28	40	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	17,15	0	28	40	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2,48	0	28	40	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,47	0	28	40	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,01	0,01	28	40	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,22	1,21	28	40	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	2,22	9,37	28	40	1	1	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	9,6	21,67	28	40	1	1	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	14,16	35,09	28	40	1	1	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	2,31	39,16	28	40	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	34,98	38,48	28	40	1	1	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	40,77	40,76	28	33,2	1	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	39,62	39,62	28	33,2	1	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	28,32	28,33	28	33,2	1	1	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	17,78	17,79	28	39,2	1	1	0	1	0	1,0451
18	0,1258	0,1537	14	13,97	28	32,4	1	0	1	1	0	0
19	0,1258	0,1537	16,78	8,6	28	28	1	0	1	1	0	0
20	0,1258	0,1537	8,19	1,52	28	28	1	0	1	1	0	0
21	0,1258	0,1537	2,2	0	28	28	1	0	1	1	0	0

22	0,1258	0,0929	2,34	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,41	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	3,19	0	28	40	0	0	0	1	1,7214	0	
1	0,1258	0,0929	3,12	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,21	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,46	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,31	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,33	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,43	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	1,98	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,25	0,19	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,65	1,74	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	3,25	2,5	28	28	1	0	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	3,79	15,64	28	28	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	16,83	31,73	28	28	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	7,31	42,07	28	28	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	48,6	52,52	28	28	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	45,65	45,62	28	28	1	0	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	36,94	37,03	28	28	1	1	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	26,82	26,8	28	28	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	13,67	13,66	28	28	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	6,19	6,05	28	28	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	5,93	1,5	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	4,52	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	4,39	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,95	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,56	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	2,6	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,2	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,32	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,34	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	3,22	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,48	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,61	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,36	0,99	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,43	8,39	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	10,93	21,64	28	40	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	18,93	35,74	28	40	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	22,46	41,5	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	51,89	51,9	28	40	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	52,76	52,76	28	40	1	0	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	45,6	45,61	28	40	1	1	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	39,16	39,15	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	27,87	27,88	28	39,2	1	1	0	1	0	0,1229	
18	0,1258	0,1537	13,41	13,43	28	40	1	1	1	0	1	0	0
19	0,1258	0,1537	6,22	6,26	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	
20	0,1258	0,1537	6,1	1,42	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	4,34	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	3,42	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,84	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	3,05	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0	
1	0,1258	0,0929	3,13	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,63	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,22	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,8	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,39	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,48	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,3	0,97	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,92	9,07	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	11,61	19,95	28	40	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	19,59	33,41	28	40	1	1	1	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	17,71	39,17	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	40,95	43,86	28	40	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	37,19	37,19	28	40	1	0	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	26,59	26,58	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	14,68	14,67	28	28	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	15,43	15,17	28	28	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	9,16	9,15	28	28	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	3,24	2,78	28	28	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	2,56	0,42	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	9,42	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	5,15	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,84	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,87	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	2,88	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,24	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,81	0	28	40	0	0	0	1	0	0	

4	0,1258	0,0929	2,1	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,59	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,09	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	3,15	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,72	0,39	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,37	1,74	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	3,7	4,29	28	33,2	1	1	1	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	4,05	7,56	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	5,62	6,4	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	5,14	12,84	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	3,54	23,31	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	3,23	20,03	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	11,21	27,03	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	16,45	16,45	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	8,22	8,2	28	28	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	2,92	2,55	28	28	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	3,09	1,03	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	6,78	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	19,93	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	5,06	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,91	0	28	40	0	0	0	1	0,7992	0	
1	0,1258	0,0929	2,58	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,29	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	3,13	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,61	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,36	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,12	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,58	1,13	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	5,8	6,88	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	12,95	13,64	28	40	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	18,6	19,65	28	40	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	17,88	24,43	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	21,82	42,02	28	40	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	3,9	49,34	28	40	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	18,41	32,94	28	40	1	1	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	21,65	21,64	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	17,27	14,65	28	28	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	7,64	8,44	28	34	1	1	0	1	0	0,9222	
19	0,1258	0,1537	3,92	3,72	28	28	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	3,07	0,75	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	6,18	0,01	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	3,59	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,16	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,33	0	28	40	0	0	0	1	1,7214	0	
1	0,1258	0,0929	2,77	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,59	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	1,98	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,2	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,35	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	1,98	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,49	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,45	1,27	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	4,95	7,88	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	11,99	17,26	28	40	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	17,74	21,6	28	40	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	16,43	31,48	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	27,66	36,96	28	40	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	33,17	47,9	28	40	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	42,99	43,01	28	40	1	1	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	36,52	36,51	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	24,11	24,14	28	39,2	1	1	0	1	0	1,0451	
18	0,1258	0,1537	10,25	10,23	28	32,4	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	6,46	6,47	28	38,4	1	1	0	1	0	1,0451	
20	0,1258	0,1537	2,56	1,03	28	31,6	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	3,46	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	3,78	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	17,21	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,78	0	28	40	0	0	0	1	2,6436	0	
1	0,1258	0,0929	2,65	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,04	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,77	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,49	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,99	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,74	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,48	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,15	0,93	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,79	7,04	28	40	1	1	0	0	0	0	

10	0,1258	0,1537	3,17	18,49	28	40	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	2,84	32,1	28	40	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	24,26	39,37	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	42,32	44,28	28	40	1	1	1	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	57,32	49,11	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	36,49	41,55	28	33,2	1	1	1	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	31,33	36,21	28	33,2	1	1	1	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	26,04	26,04	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	11,33	11,34	28	39,2	1	1	0	1	0	1,0451	
19	0,1258	0,1537	4,55	4,53	28	32,4	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	2,22	0,93	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	2,19	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	2,2	0	28	34	0	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	3,5	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,8	0	28	40	0	0	0	0	1	1,7214	0
1	0,1258	0,0929	2,81	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,53	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,95	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2,44	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,08	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,31	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,3	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,17	0,46	28	40	0	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	2,92	3,09	28	40	1	1	1	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	7,63	11,15	28	40	1	1	0	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	4,53	15,47	28	40	1	1	0	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	8,42	33,03	28	40	1	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	24,79	25,17	28	40	1	1	1	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	37,88	37,89	28	40	1	1	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	34,55	34,55	28	40	1	0	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	36,17	36,16	28	33,2	1	0	0	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	24,61	24,59	28	28	1	0	1	1	0	0	0
18	0,1258	0,1537	11,21	11,21	28	28	1	0	1	1	0	0	0
19	0,1258	0,1537	4,76	4,75	28	28	1	0	1	1	0	0	0
20	0,1258	0,1537	2	0,75	28	28	1	0	1	1	0	0	0
21	0,1258	0,1537	7,74	0,01	28	28	1	0	1	1	0	0	0
22	0,1258	0,0929	14,97	0	28	34	0	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	7,48	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,58	0	28	40	0	0	0	0	1	0,7992	0
1	0,1258	0,0929	2,75	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,32	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,54	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2,14	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,44	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,32	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,04	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,67	0,89	28	40	0	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	3,54	7,32	28	40	1	1	1	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	35,92	20,12	28	33,2	1	0	0	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	59,48	30,66	28	28	1	0	0	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	38,72	31,96	28	28	1	0	0	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	18,28	38,54	28	28	1	1	1	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	19,31	50,28	28	28	1	1	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	18,35	42,81	28	28	1	1	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	18,07	38,47	28	28	1	1	1	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	9,26	26,7	28	34	1	1	0	0	1	0	0,9222
18	0,1258	0,1537	3,51	11,48	28	40	1	1	0	1	0	0	0
19	0,1258	0,1537	3,14	5,45	28	40	1	1	1	0	1	0	1,0451
20	0,1258	0,1537	4,51	0,59	28	33,2	1	0	1	1	0	0	0
21	0,1258	0,1537	11,1	0	28	28	1	0	1	1	0	0	0
22	0,1258	0,0929	3,66	0	28	34	0	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,63	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,59	0	28	40	0	0	0	0	1	1,8444	0
1	0,1258	0,0929	2,81	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,21	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,47	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2,66	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,45	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	3,15	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,54	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	3,15	0,92	28	40	0	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	4,05	7,34	28	40	1	1	1	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	11,58	20,49	28	40	1	1	0	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	17,62	32,79	28	40	1	1	0	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	17,94	40,98	28	40	1	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	37,4	46,45	28	40	1	1	0	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	53,97	48,71	28	33,2	1	0	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	34,99	41,84	28	33,2	1	1	0	0	0	0	0

16	0,1258	0,1537	37,13	37,13	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	24,49	24,9	28	39,2	1	1	0	1	0	0,1229	
18	0,1258	0,1537	10,54	10,56	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	
19	0,1258	0,1537	9,37	5,33	28	33,2	1	0	0	1	1	0	0
20	0,1258	0,1537	14,6	0,59	28	28	1	0	1	1	0	0	0
21	0,1258	0,1537	6,49	0	28	28	1	0	1	1	0	0	0
22	0,1258	0,0929	19,91	0	28	34	0	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	3,1	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,91	0	28	40	0	0	0	0	1	1,8444	0
1	0,1258	0,0929	2,97	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	3,01	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,74	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2,43	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,64	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	1,94	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,36	0,82	28	40	0	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	2,88	7,31	28	40	1	1	0	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	31,13	19,6	28	33,2	1	0	0	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	52,14	31,71	28	28	1	0	0	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	31,97	40,02	28	28	1	1	0	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	32,49	47,13	28	28	1	1	0	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	31,76	48,67	28	28	1	1	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	31,34	42,38	28	28	1	1	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	31,68	37,67	28	28	1	1	0	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	15,32	25,64	28	34	1	1	0	1	0	0,9222	0
18	0,1258	0,1537	2,73	10,94	28	40	1	1	0	1	0	0	0
19	0,1258	0,1537	3,34	5,19	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	0
20	0,1258	0,1537	6,83	0,52	28	33,2	1	0	1	1	0	0	0
21	0,1258	0,1537	4,87	0	28	28	1	0	1	1	0	0	0
22	0,1258	0,0929	3,09	0	28	34	0	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	3,5	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,74	0	28	40	0	0	0	0	1	1,8444	0
1	0,1258	0,0929	2,65	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,51	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,36	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	1,99	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,44	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,31	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,11	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,84	0,94	28	40	0	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	7,22	6,73	28	33,2	1	0	0	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	19,1	17,2	28	28	1	0	0	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	18,47	32,55	28	28	1	1	0	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	19,06	38,82	28	28	1	1	0	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	22,79	41,92	28	28	1	1	0	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	17,6	39,71	28	28	1	1	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	6,38	21,8	28	28	1	1	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	3,53	13,01	28	28	1	1	0	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	8,63	17,33	28	34	1	1	0	1	0	0,9222	0
18	0,1258	0,1537	12,82	12,83	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	0
19	0,1258	0,1537	6,6	6,49	28	33,2	1	0	1	1	0	0	0
20	0,1258	0,1537	3,98	0,57	28	28	1	0	1	1	0	0	0
21	0,1258	0,1537	4,65	0	28	28	1	0	1	1	0	0	0
22	0,1258	0,0929	3,33	0	28	34	0	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,6	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,89	0	28	40	0	0	0	0	1	1,8444	0
1	0,1258	0,0929	2,57	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	1,97	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,3	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,06	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	3,08	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,73	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,51	0,75	28	40	0	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	2,53	6,03	28	40	1	1	0	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	2,91	17,77	28	40	1	1	0	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	2,66	18,19	28	40	1	1	0	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	10,15	22,79	28	40	1	1	0	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	41,05	40,65	28	33,2	1	0	0	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	39,55	39,26	28	28	1	0	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	43,6	37,55	28	28	1	0	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	34,35	31,22	28	28	1	0	0	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	13,38	16,24	28	34	1	1	0	1	0	0,9222	0
18	0,1258	0,1537	2,86	7,95	28	40	1	1	0	1	0	0	0
19	0,1258	0,1537	3,17	4,1	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	0
20	0,1258	0,1537	2,4	0,71	28	33,2	1	0	1	1	0	0	0
21	0,1258	0,1537	2,4	0	28	28	1	0	1	1	0	0	0

22	0,1258	0,0929	2,07	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,66	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0	
1	0,1258	0,0929	2,54	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,63	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	3,03	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,29	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,41	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,37	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,44	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,23	0,39	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,74	2,3	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	14,63	1,5	28	28	1	0	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	8,18	3,51	28	28	1	0	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	2,42	10,53	28	28	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	4,48	16,82	28	28	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	3,02	19,59	28	28	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	2,59	17,77	28	28	1	1	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	10,29	21,68	28	28	1	1	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	21,99	21,99	28	28	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	10,1	10,13	28	34	1	1	0	0	1	0,9222	
19	0,1258	0,1537	4,65	4,2	28	28	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	12,4	0,39	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	5,74	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	4,85	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,68	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	3,48	0	28	40	0	0	0	1	0,9222	0	
1	0,1258	0,0929	2,93	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,43	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,72	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,3	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,22	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	1,98	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,63	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,23	0,65	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,72	7,06	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	15,08	19,66	28	40	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	24,18	32,68	28	40	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	30,34	38,31	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	9,65	32,87	28	40	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	40,4	49,41	28	40	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	53,33	42,7	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	44,29	36,19	28	28	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	18,91	24,3	28	34	1	1	0	1	0	0,9222	
18	0,1258	0,1537	3,06	10,37	28	40	1	1	1	0	1	0	
19	0,1258	0,1537	2,52	4,19	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	
20	0,1258	0,1537	10,99	0,39	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	10,13	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	19,25	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,71	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,7	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0	
1	0,1258	0,0929	2,68	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,66	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,33	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,33	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,48	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,96	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,53	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,39	0,57	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,67	7,03	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	8,34	19,63	28	40	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	27,74	32,56	28	40	1	1	1	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	37,29	40,31	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	37,65	46,14	28	40	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	37,55	48,58	28	40	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	33,47	39,23	28	40	1	1	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	32,39	35,57	28	40	1	1	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	15,36	22,99	28	40	1	1	0	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	3,42	9,87	28	40	1	1	1	0	1	0	
19	0,1258	0,1537	3,54	3,95	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	
20	0,1258	0,1537	3,66	0,33	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	8,82	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	3,94	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,17	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,93	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0	
1	0,1258	0,0929	3,13	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	3,59	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,49	0	28	40	0	0	0	1	0	0	

4	0,1258	0,0929	2,34	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,41	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,11	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,53	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,24	0,53	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,59	7,01	28	40	1	1	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	13,61	19,37	28	40	1	1	1	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	16,56	32,07	28	40	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	9	41,16	28	40	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	17,29	46,61	28	40	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	46,9	46,91	28	40	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	40,52	40,52	28	40	1	0	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	33,07	33,07	28	40	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	21,53	21,53	28	40	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	8,59	8,53	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	3,68	2,87	28	28	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	4,61	0,2	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	16,1	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	19,49	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,68	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0	
1	0,1258	0,0929	2,74	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,19	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,38	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,29	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,13	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,33	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,48	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,54	0,85	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	5,13	4,69	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	11,86	16,33	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	20,27	30,4	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	22,35	37,32	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	17,37	45,35	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	34,77	47,47	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	43,13	41,93	28	28	1	0	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	17,19	28,35	28	28	1	1	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	20,76	20,76	28	28	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	7,98	7,98	28	28	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	3,71	3,3	28	28	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	5,57	0,32	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	4,79	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	3,52	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,59	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,41	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,1	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,54	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,21	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,8	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,76	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,04	0,49	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	10,51	6,45	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
10	0,1258	0,1537	5,8	18,4	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
11	0,1258	0,1537	4,21	30,12	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
12	0,1258	0,1537	20,27	37,91	28	33,2	1	1	0	0	0	0	
13	0,1258	0,1537	41,85	41,84	28	28	1	0	0	0	0	0	
14	0,1258	0,1537	43,45	43,43	28	28	1	0	0	0	0	0	
15	0,1258	0,1537	38,76	38,73	28	28	1	0	0	0	0	0	
16	0,1258	0,1537	32,39	32,38	28	28	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	20,01	20,03	28	34	1	1	0	1	0	0,9222	
18	0,1258	0,1537	8,69	8,31	28	28	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	4,37	3,33	28	28	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	5,71	0,25	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	12,4	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	11,47	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,86	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
24	0,1258	0,0929	2,96	0	28	40	0	0	0	1	0,9222	0	
1	0,1258	0,0929	2,87	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,1	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,84	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,81	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,02	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,67	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,24	0	28	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,71	0,47	28	40	0	0	0	0	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,04	6,39	28	40	1	1	0	0	0	0	

10	0,1258	0,1537	2,94	18,36	28	40	1	1	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	3,34	30,03	28	40	1	1	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	14,03	38,18	28	40	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	42,25	42,24	28	33,2	1	0	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	43,96	43,98	28	33,2	1	1	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	37,34	37,35	28	33,2	1	1	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	30,47	30,48	28	33,2	1	1	1	0	0	0
17	0,1258	0,1537	18,8	18,83	28	39,2	1	1	0	1	0	1,0451
18	0,1258	0,1537	8,15	8,14	28	32,4	1	0	1	1	0	0
19	0,1258	0,1537	3,22	3,1	28	28	1	0	1	1	0	0
20	0,1258	0,1537	2,99	0,39	28	28	1	0	1	1	0	0
21	0,1258	0,1537	2,41	0	28	28	1	0	1	1	0	0
22	0,1258	0,0929	2,9	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,62	0	28	40	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,77	0	28	40	0	0	0	1	1,7214	0
1	0,1258	0,0929	3,61	0	28	40	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,64	0	28	40	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,42	0	28	40	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2	0	28	40	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,45	0	28	40	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,63	0	28	40	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,21	0	28	40	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,22	0,75	28	40	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	2,68	4,23	28	40	1	1	1	0	0	0
10	0,1258	0,1537	4,26	11,65	28	40	1	1	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	2,53	18,11	28	40	1	1	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	3,06	18,22	28	40	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	9,44	15,69	28	40	1	1	1	0	0	0
14	0,1258	0,1537	13,27	13,24	28	33,2	1	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	12,06	12,08	28	33,2	1	1	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	7,13	7,13	28	33,2	1	0	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	12,1	12,13	28	39,2	1	1	0	1	0	1,0451
18	0,1258	0,1537	4,61	4,05	28	32,4	1	0	1	1	0	0
19	0,1258	0,1537	3,24	0,9	28	28	1	0	1	1	0	0
20	0,1258	0,1537	6,11	0,06	28	28	1	0	1	1	0	0
21	0,1258	0,1537	5,29	0	28	28	1	0	1	1	0	0
22	0,1258	0,0929	4,35	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	3,06	0	28	40	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,72	0	28	40	0	0	0	1	1,7214	0
1	0,1258	0,0929	2,23	0	28	40	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,47	0	28	40	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,2	0	28	40	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	1,91	0	28	40	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,31	0	28	40	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,28	0	28	40	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,18	0	28	40	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,81	0,19	28	40	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	4,65	4,16	28	33,2	1	0	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	3,4	13,86	28	33,2	1	1	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	3,46	28,5	28	33,2	1	1	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	3,79	30,3	28	33,2	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	37,69	42,12	28	33,2	1	1	1	0	0	0
14	0,1258	0,1537	35,54	33,9	28	28	1	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	41,38	25,37	28	28	1	0	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	23,29	24,02	28	28	1	1	1	0	0	0
17	0,1258	0,1537	15,24	16,14	28	34	1	1	0	1	0	0,9222
18	0,1258	0,1537	3,61	7,93	28	40	1	1	0	1	0	1,0451
19	0,1258	0,1537	3,02	2,8	28	33,2	1	0	1	1	0	0
20	0,1258	0,1537	6,33	0,12	28	28	1	0	1	1	0	0
21	0,1258	0,1537	6,38	0	28	28	1	0	1	1	0	0
22	0,1258	0,0929	3,48	0	28	34	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,48	0	28	40	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,48	0	28	40	0	0	0	1	1,8444	0
1	0,1258	0,0929	2,79	0	28	40	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,59	0	28	40	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,21	0	28	40	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	3,33	0	28	40	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,76	0	28	40	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,49	0	28	40	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,23	0	28	40	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,64	0,41	28	40	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	3,02	5,36	28	40	1	1	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	14,8	17,23	28	40	1	1	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	22,86	28,94	28	40	1	1	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	23,14	37,58	28	40	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	23,16	42,46	28	40	1	1	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	26,29	43,48	28	40	1	1	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	37,1	37,11	28	40	1	1	0	0	0	0

16	0,1258	0,1537	31,57	30,31	28	33,2	1	0	0	0	0	0	
17	0,1258	0,1537	16,89	19,46	28	39,2	1	1	0	1	0	0,1229	
18	0,1258	0,1537	7,06	7,07	28	40	1	1	0	1	0	1,0451	
19	0,1258	0,1537	4	2,62	28	33,2	1	0	1	1	0	0	
20	0,1258	0,1537	3,91	0,06	28	28	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	7,06	0	28	28	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	3,6	0	28	34	0	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,8	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,95	0	28	40	0	0	0	0	1	1,8444	0
1	0,1258	0,0929	3,82	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,13	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
3	0,1258	0,0929	2,45	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
4	0,1258	0,0929	2	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
5	0,1258	0,0929	2,33	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,31	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
7	0,1258	0,0929	2,35	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
8	0,1258	0,0929	2,49	0,41	28	40	0	0	0	0	0	0	0
9	0,1258	0,1537	3,62	5,74	28	40	1	1	0	0	0	0	0
10	0,1258	0,1537	17,32	17,65	28	40	1	1	0	0	0	0	0
11	0,1258	0,1537	32,08	29,11	28	33,2	1	0	0	0	0	0	0
12	0,1258	0,1537	32,38	37,65	28	33,2	1	1	1	0	0	0	0
13	0,1258	0,1537	39,81	42,35	28	33,2	1	1	0	0	0	0	0
14	0,1258	0,1537	48,54	42,76	28	28	1	0	0	0	0	0	0
15	0,1258	0,1537	2,71	37,85	28	28	1	1	1	0	0	0	0
16	0,1258	0,1537	7,4	30,18	28	28	1	1	0	0	0	0	0
17	0,1258	0,1537	17,97	17,97	28	28	1	0	1	1	0	0	0
18	0,1258	0,1537	7,31	7,34	28	34	1	1	0	1	0	0,9222	
19	0,1258	0,1537	3,37	2,5	28	28	1	0	1	1	0	0	0
20	0,1258	0,1537	2,63	0,14	28	28	1	0	1	1	0	0	0
21	0,1258	0,1537	9,78	0	28	28	1	0	1	1	0	0	0
22	0,1258	0,0929	15,21	0	28	34	0	0	0	0	1	0	0,5574
23	0,1258	0,0929	2,49	0	28	40	0	0	0	0	1	0	0
24	0,1258	0,0929	2,09	0	28	40	0	0	0	0	1	0,9222	3,716
											43,28	53,12	-9,84

Anexo E – Tabela - SoC min 20%

Tempo [Horas]	preço médio da eletricidade nas últimas 24H €/kWh	Preço da eletricidade Bi-horário €/kWh	Potencia casa _Active power[kW]	Potência Solar _Total input power[kW]	SOC min (20%) =8kW	SOC atual (100%) = 40kW	Preço da eletricidade > Preço médio? 0- não 1-Sim	Potencia da casa < produção Solar? 0- não 1-Sim	A vender para rede? 0- não 1-Sim	Veículo ligado ao carregador? 0- não 1-Sim	Venda de energia por hora [€]	Compra de energia por hora [€]	Lucro total mensal [€]
1	0,1258	0,0929	5,36	0	8	25	0	0	0	1	0	0,5574	
2	0,1258	0,0929	2,66	0	8	31	0	0	0	1	0	0,5574	
3	0,1258	0,0929	2,31	0	8	37	0	0	0	1	0	0,2787	
4	0,1258	0,0929	2,32	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,11	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,72	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,51	0,01	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,09	1,44	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,63	8,16	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	11,97	20,54	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	26,44	29,2	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	23,92	40,48	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	6,53	45,09	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	32,86	48,41	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
15	0,1258	0,1537	54,3	45,11	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
16	0,1258	0,1537	54,06	30,07	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	8,42	23,64	8	32,4	1	1	0	1	0	0,9222	
18	0,1258	0,1537	2,44	15,11	8	38,4	1	1	0	1	0	0,24592	
19	0,1258	0,1537	5,09	11,8	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	14,32	2,19	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	9,59	0,01	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,88	0	8	32,4	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,82	0	8	38,4	0	0	0	1	0	0,14864	
24	0,1258	0,0929	2,79	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	2,94	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	3,42	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	3,26	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,59	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	3,07	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,51	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,47	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,13	0,63	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,97	3,8	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
10	0,1258	0,1537	12,24	7,3	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
11	0,1258	0,1537	18,01	16,66	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
12	0,1258	0,1537	17,2	29,4	8	32,4	1	1	0	1	0	0,9222	
13	0,1258	0,1537	19,67	31,96	8	38,4	1	1	0	1	0	0,24592	
14	0,1258	0,1537	29,06	34,93	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	26,4	36,81	8	40	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	17,94	23,99	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	9,24	25,9	8	40	1	1	0	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	15,35	15,35	8	40	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	7,27	7,29	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	2,51	1,43	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	3,48	0,02	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	6,2	0	8	32,4	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,54	0	8	38,4	0	0	0	1	0	0,14864	
24	0,1258	0,0929	3,66	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	3,43	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	3,27	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,87	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,37	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,59	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,63	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,32	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,32	0,94	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,11	5,64	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
10	0,1258	0,1537	15,77	12,13	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
11	0,1258	0,1537	26,24	17,98	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
12	0,1258	0,1537	25,69	17,92	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
13	0,1258	0,1537	25,87	19,32	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	

14	0,1258	0,1537	25,75	7,88	8	8	1	0	1	1	0,73776	0	
15	0,1258	0,1537	25,51	11,28	8	8	1	0	1	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	11,88	20,91	8	14	1	1	0	1	0	0,9222	
17	0,1258	0,1537	1,98	24,44	8	20	1	1	0	1	0	0,9222	
18	0,1258	0,1537	2,34	15,2	8	26	1	1	0	1	0	0,9222	
19	0,1258	0,1537	2,35	7,38	8	32	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	2,41	1,93	8	25,2	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	2,45	0,03	8	18,4	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,2	0	8	24,4	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,25	0	8	30,4	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,32	0	8	36,4	0	0	0	1	0	0,33444	
1	0,1258	0,0929	2,67	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,43	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,42	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,21	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,23	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	1,98	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,43	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	3,07	1,44	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	7,6	8,68	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	3,65	20,17	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	3,65	27,09	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	7,98	24,66	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	3,07	49,38	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	47,47	54,09	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	44,96	44,96	8	40	1	0	1	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	38,61	38,62	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	28,34	28,34	8	40	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	13,89	13,87	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	6,71	6,68	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	3,22	2,27	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	2,55	0,02	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	2,44	0	8	18,8	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,45	0	8	24,8	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,43	0	8	30,8	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,1	0	8	36,8	0	0	0	1	0	0,29728	
2	0,1258	0,0929	2,3	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,32	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,45	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,2	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	3	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,33	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	1,98	1	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,17	8,73	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	9,68	21,55	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	16,79	34,58	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	35,72	42,36	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	49,2	49,22	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
14	0,1258	0,1537	51,52	51,49	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	45,57	45,58	8	39,2	1	1	0	1	0	1,04516	
16	0,1258	0,1537	39,01	38,98	8	32,4	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	28,85	28,85	8	32,4	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	14,05	14,03	8	25,6	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	6,49	6,48	8	18,8	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	2,59	1,26	8	12	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	1,98	0,01	8	8	1	0	1	1	0,6148	0	
22	0,1258	0,0929	2,49	0	8	14	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,43	0	8	20	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,33	0	8	26	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	7,06	0	8	32	0	0	0	1	0	0,5574	
2	0,1258	0,0929	17,39	0	8	38	0	0	0	1	0	0,1858	
3	0,1258	0,0929	17,15	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,48	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,42	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,47	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,01	0,01	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,22	1,21	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,22	9,37	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	9,6	21,67	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	14,16	35,09	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	2,31	39,16	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	34,98	38,48	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
14	0,1258	0,1537	40,77	40,76	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	39,62	39,62	8	33,2	1	0	1	1	0	0	

16	0,1258	0,1537	28,32	28,33	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
17	0,1258	0,1537	17,78	17,79	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
18	0,1258	0,1537	14	13,97	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	16,78	8,6	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	8,19	1,52	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	2,2	0	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	2,34	0	8	18,8	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,41	0	8	24,8	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	3,19	0	8	30,8	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	3,12	0	8	36,8	0	0	0	1	0	0,29728	
2	0,1258	0,0929	2,21	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,46	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,31	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,33	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,43	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	1,98	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,25	0,19	8	40	0	0	0	1	0	0,63172	
9	0,1258	0,1537	2,65	1,74	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
10	0,1258	0,1537	3,25	2,5	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
11	0,1258	0,1537	3,79	15,64	8	32,4	1	1	0	1	0	0,9222	
12	0,1258	0,1537	16,83	31,73	8	38,4	1	1	0	1	0	0,24592	
13	0,1258	0,1537	7,31	42,07	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	48,6	52,52	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
15	0,1258	0,1537	45,65	45,62	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
16	0,1258	0,1537	36,94	37,03	8	39,2	1	1	0	1	0	1,04516	
17	0,1258	0,1537	26,82	26,8	8	32,4	1	0	1	1	1,04516	0	
18	0,1258	0,1537	13,67	13,66	8	25,6	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	6,19	6,05	8	18,8	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	5,93	1,5	8	12	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	4,52	0	8	8	1	0	1	1	0,6148	0	
22	0,1258	0,0929	4,39	0	8	14	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,95	0	8	20	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,56	0	8	26	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,6	0	8	32	0	0	0	1	0	0,5574	
2	0,1258	0,0929	2,2	0	8	38	0	0	0	1	0	0,1858	
3	0,1258	0,0929	2,32	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,34	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	3,22	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,48	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,61	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,36	0,99	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,43	8,39	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	10,93	21,64	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	18,93	35,74	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	22,46	41,5	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	51,89	51,9	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	52,76	52,76	8	40	1	0	1	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	45,6	45,61	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
16	0,1258	0,1537	39,16	39,15	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	27,87	27,88	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
18	0,1258	0,1537	13,41	13,43	8	40	1	1	0	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	6,22	6,26	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	6,1	1,42	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	4,34	0	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,42	0	8	32,4	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,84	0	8	38,4	0	0	0	1	0	0,14864	
24	0,1258	0,0929	3,05	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	3,13	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,63	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,22	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,8	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,39	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,42	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,48	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,3	0,97	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,92	9,07	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	11,61	19,95	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	19,59	33,41	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	17,71	39,17	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	40,95	43,86	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	37,19	37,19	8	40	1	0	1	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	26,59	26,58	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
16	0,1258	0,1537	14,68	14,67	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	15,43	15,17	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	

18	0,1258	0,1537	9,16	9,15	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	3,24	2,78	8	8	1	0	1	1	0,73776	0	
20	0,1258	0,1537	2,56	0,42	8	8	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	9,42	0	8	8	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	5,15	0	8	14	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,84	0	8	20	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,87	0	8	26	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,88	0	8	32	0	0	0	1	0	0,5574	
2	0,1258	0,0929	2,24	0	8	38	0	0	0	1	0	0,1858	
3	0,1258	0,0929	2,81	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,1	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,59	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,09	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	3,15	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,72	0,39	8	40	0	0	0	1	0	0,63172	
9	0,1258	0,1537	2,37	1,74	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
10	0,1258	0,1537	3,7	4,29	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
11	0,1258	0,1537	4,05	7,56	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	5,62	6,4	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	5,14	12,84	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	3,54	23,31	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	3,23	20,03	8	40	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	11,21	27,03	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	16,45	16,45	8	40	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	8,22	8,2	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	2,92	2,55	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	3,09	1,03	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	6,78	0	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	19,93	0	8	18,8	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	5,06	0	8	24,8	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,91	0	8	30,8	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,58	0	8	36,8	0	0	0	1	0	0,29728	
2	0,1258	0,0929	2,29	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	3,13	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,61	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,42	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,36	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,12	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,58	1,13	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	5,8	6,88	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	12,95	13,64	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	18,6	19,65	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	17,88	24,43	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	21,82	42,02	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	3,9	49,34	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	18,41	32,94	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
16	0,1258	0,1537	21,65	21,64	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	17,27	14,65	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
18	0,1258	0,1537	7,64	8,44	8	32,4	1	1	0	1	0	1,04516	
19	0,1258	0,1537	3,92	3,72	8	25,6	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	3,07	0,75	8	18,8	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	6,18	0,01	8	12	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,59	0	8	18	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,16	0	8	24	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,33	0	8	30	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,77	0	8	36	0	0	0	1	0	0,3716	
2	0,1258	0,0929	2,59	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	1,98	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,2	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,35	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	1,98	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,49	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,45	1,27	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	4,95	7,88	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	11,99	17,26	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	17,74	21,6	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	16,43	31,48	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	27,66	36,96	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	33,17	47,9	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	42,99	43,01	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
16	0,1258	0,1537	36,52	36,51	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	24,11	24,14	8	39,2	1	1	0	1	0	1,04516	
18	0,1258	0,1537	10,25	10,23	8	32,4	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	6,46	6,47	8	38,4	1	1	0	1	0	1,04516	

20	0,1258	0,1537	2,56	1,03	8	31,6	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	3,46	0	8	24,8	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,78	0	8	30,8	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	17,21	0	8	36,8	0	0	0	1	0	0,29728	
24	0,1258	0,0929	2,78	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	2,65	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,04	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,77	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,49	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,99	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,74	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,48	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,15	0,93	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,79	7,04	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	3,17	18,49	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	2,84	32,1	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	24,26	39,37	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	42,32	44,28	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
14	0,1258	0,1537	57,32	49,11	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	36,49	41,55	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
16	0,1258	0,1537	31,33	36,21	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	26,04	26,04	8	40	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	11,33	11,34	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
19	0,1258	0,1537	4,55	4,53	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	2,22	0,93	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	2,19	0	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	2,2	0	8	25,6	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,5	0	8	31,6	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,8	0	8	37,6	0	0	0	1	0	0,22296	
1	0,1258	0,0929	2,81	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,53	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,95	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,44	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,08	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,31	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,3	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,17	0,46	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,92	3,09	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	7,63	11,15	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	4,53	15,47	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	8,42	33,03	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	24,79	25,17	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	37,88	37,89	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	34,55	34,55	8	40	1	0	1	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	36,17	36,16	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	24,61	24,59	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
18	0,1258	0,1537	11,21	11,21	8	26,4	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	4,76	4,75	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	2	0,75	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	7,74	0,01	8	8	1	0	1	1	0,73776	0	
22	0,1258	0,0929	14,97	0	8	14	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	7,48	0	8	20	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,58	0	8	26	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,75	0	8	32	0	0	0	1	0	0,5574	
2	0,1258	0,0929	2,32	0	8	38	0	0	0	1	0	0,1858	
3	0,1258	0,0929	2,54	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,14	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,44	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,32	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,04	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,67	0,89	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,54	7,32	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
10	0,1258	0,1537	35,92	20,12	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
11	0,1258	0,1537	59,48	30,66	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
12	0,1258	0,1537	38,72	31,96	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
13	0,1258	0,1537	18,28	38,54	8	25,6	1	1	0	1	0	0,9222	
14	0,1258	0,1537	19,31	50,28	8	31,6	1	1	0	1	0	0,9222	
15	0,1258	0,1537	18,35	42,81	8	37,6	1	1	0	1	0	0,36888	
16	0,1258	0,1537	18,07	38,47	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	9,26	26,7	8	40	1	1	0	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	3,51	11,48	8	40	1	1	0	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	3,14	5,45	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	4,51	0,59	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	11,1	0	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	

22	0,1258	0,0929	3,66	0	8	32,4	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,63	0	8	38,4	0	0	0	1	0	0,14864	
24	0,1258	0,0929	2,59	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	2,81	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,21	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,47	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,66	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,45	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	3,15	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,54	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	3,15	0,92	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	4,05	7,34	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	11,58	20,49	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	17,62	32,79	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	17,94	40,98	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	37,4	46,45	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
14	0,1258	0,1537	53,97	48,71	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	34,99	41,84	8	39,2	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	37,13	37,13	8	39,2	1	0	1	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	24,49	24,9	8	40	1	1	0	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	10,54	10,56	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
19	0,1258	0,1537	9,37	5,33	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	14,6	0,59	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	6,49	0	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	19,91	0	8	25,6	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,1	0	8	31,6	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,91	0	8	37,6	0	0	0	1	0	0,22296	
1	0,1258	0,0929	2,97	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	3,01	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,74	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,43	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,64	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	1,94	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,36	0,82	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,88	7,31	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
10	0,1258	0,1537	31,13	19,6	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
11	0,1258	0,1537	52,14	31,71	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
12	0,1258	0,1537	31,97	40,02	8	32,4	1	1	0	1	0	0,9222	
13	0,1258	0,1537	32,49	47,13	8	38,4	1	1	0	1	0	0,24592	
14	0,1258	0,1537	31,76	48,67	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	31,34	42,38	8	40	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	31,68	37,67	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	15,32	25,64	8	40	1	1	0	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	2,73	10,94	8	40	1	1	0	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	3,34	5,19	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	6,83	0,52	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	4,87	0	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,09	0	8	32,4	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,5	0	8	38,4	0	0	0	1	0	0,14864	
24	0,1258	0,0929	2,74	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	2,65	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,51	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,36	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	1,99	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,44	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,31	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,11	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,84	0,94	8	40	0	0	0	1	0	0,63172	
9	0,1258	0,1537	7,22	6,73	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
10	0,1258	0,1537	19,1	17,2	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
11	0,1258	0,1537	18,47	32,55	8	32,4	1	1	0	1	0	0,9222	
12	0,1258	0,1537	19,06	38,82	8	38,4	1	1	0	1	0	0,24592	
13	0,1258	0,1537	22,79	41,92	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	17,6	39,71	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	6,38	21,8	8	40	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	3,53	13,01	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	8,63	17,33	8	40	1	1	0	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	12,82	12,83	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
19	0,1258	0,1537	6,6	6,49	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	3,98	0,57	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	4,65	0	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,33	0	8	25,6	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,6	0	8	31,6	0	0	0	1	0	0,5574	

24	0,1258	0,0929	2,89	0	8	37,6	0	0	0	1	0	0,22296	
1	0,1258	0,0929	2,57	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	1,97	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,3	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,42	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,06	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	3,08	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,73	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,51	0,75	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,53	6,03	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	2,91	17,77	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	2,66	18,19	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	10,15	22,79	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
13	0,1258	0,1537	41,05	40,65	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
14	0,1258	0,1537	39,55	39,26	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	43,6	37,55	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
16	0,1258	0,1537	34,35	31,22	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	13,38	16,24	8	18,8	1	1	0	1	0	0,9222	
18	0,1258	0,1537	2,86	7,95	8	24,8	1	1	0	1	0	0,9222	
19	0,1258	0,1537	3,17	4,1	8	30,8	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	2,4	0,71	8	24	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	2,4	0	8	17,2	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	2,07	0	8	23,2	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,66	0	8	29,2	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,42	0	8	35,2	0	0	0	1	0	0,44592	
1	0,1258	0,0929	2,54	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,63	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	3,03	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,29	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,41	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,37	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,44	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,23	0,39	8	40	0	0	0	1	0	0,63172	
9	0,1258	0,1537	3,74	2,3	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
10	0,1258	0,1537	14,63	1,5	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
11	0,1258	0,1537	8,18	3,51	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
12	0,1258	0,1537	2,42	10,53	8	25,6	1	1	0	1	0	0,9222	
13	0,1258	0,1537	4,48	16,82	8	31,6	1	1	0	1	0	0,9222	
14	0,1258	0,1537	3,02	19,59	8	37,6	1	1	0	1	0	0,36888	
15	0,1258	0,1537	2,59	17,77	8	40	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	10,29	21,68	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	21,99	21,99	8	40	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	10,1	10,13	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
19	0,1258	0,1537	4,65	4,2	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	12,4	0,39	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	5,74	0	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	4,85	0	8	25,6	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,68	0	8	31,6	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	3,48	0	8	37,6	0	0	0	1	0	0,22296	
1	0,1258	0,0929	2,93	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,43	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,72	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,3	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,22	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	1,98	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,63	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,23	0,65	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,72	7,06	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	15,08	19,66	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	24,18	32,68	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	30,34	38,31	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	9,65	32,87	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	40,4	49,41	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
15	0,1258	0,1537	53,33	42,7	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
16	0,1258	0,1537	44,29	36,19	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	18,91	24,3	8	32,4	1	1	0	1	0	0,9222	
18	0,1258	0,1537	3,06	10,37	8	38,4	1	1	0	1	0	0,24592	
19	0,1258	0,1537	2,52	4,19	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	10,99	0,39	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	10,13	0	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	19,25	0	8	32,4	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,71	0	8	38,4	0	0	0	1	0	0,14864	
24	0,1258	0,0929	2,7	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	2,68	0	8	40	0	0	0	1	0	0	

2	0,1258	0,0929	2,66	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,33	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,33	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,48	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,96	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,53	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,39	0,57	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,67	7,03	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	8,34	19,63	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	27,74	32,56	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	37,29	40,31	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	37,65	46,14	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	37,55	48,58	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	33,47	39,23	8	40	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	32,39	35,57	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	15,36	22,99	8	40	1	1	0	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	3,42	9,87	8	40	1	1	0	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	3,54	3,95	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
20	0,1258	0,1537	3,66	0,33	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	8,82	0	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,94	0	8	32,4	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,17	0	8	38,4	0	0	0	1	0	0,14864	
24	0,1258	0,0929	2,93	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
1	0,1258	0,0929	3,13	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	3,59	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,49	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,34	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,41	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,11	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,53	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,24	0,53	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,59	7,01	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	13,61	19,37	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	16,56	32,07	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	9	41,16	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	17,29	46,61	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	46,9	46,91	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	40,52	40,52	8	40	1	0	1	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	33,07	33,07	8	40	1	0	1	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	21,53	21,53	8	40	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	8,59	8,53	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	3,68	2,87	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	4,61	0,2	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	16,1	0	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	19,49	0	8	18,8	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,68	0	8	24,8	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,42	0	8	30,8	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,74	0	8	36,8	0	0	0	1	0	0,29728	
2	0,1258	0,0929	2,19	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,38	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,29	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,13	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,33	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,48	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,54	0,85	8	40	0	0	0	1	0	0,63172	
9	0,1258	0,1537	5,13	4,69	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
10	0,1258	0,1537	11,86	16,33	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
11	0,1258	0,1537	20,27	30,4	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	22,35	37,32	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	17,37	45,35	8	40	1	1	0	1	0	0	
14	0,1258	0,1537	34,77	47,47	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
15	0,1258	0,1537	43,13	41,93	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
16	0,1258	0,1537	17,19	28,35	8	39,2	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	20,76	20,76	8	39,2	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	7,98	7,98	8	39,2	1	0	1	1	0	0	
19	0,1258	0,1537	3,71	3,3	8	32,4	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	5,57	0,32	8	25,6	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	4,79	0	8	18,8	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,52	0	8	24,8	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,42	0	8	30,8	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,59	0	8	36,8	0	0	0	1	0	0,29728	
1	0,1258	0,0929	2,42	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
2	0,1258	0,0929	2,41	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,1	0	8	40	0	0	0	1	0	0	

4	0,1258	0,0929	2,54	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,21	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,8	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,76	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,04	0,49	8	40	0	0	0	1	0	0,63172	
9	0,1258	0,1537	10,51	6,45	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
10	0,1258	0,1537	5,8	18,4	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
11	0,1258	0,1537	4,21	30,12	8	40	1	1	1	0	1	0	
12	0,1258	0,1537	20,27	37,91	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
13	0,1258	0,1537	41,85	41,84	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
14	0,1258	0,1537	43,45	43,43	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	38,76	38,73	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
16	0,1258	0,1537	32,39	32,38	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	20,01	20,03	8	18,8	1	1	0	1	0	1,04516	
18	0,1258	0,1537	8,69	8,31	8	12	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	4,37	3,33	8	8	1	0	1	1	0,6148	0	
20	0,1258	0,1537	5,71	0,25	8	8	1	0	1	1	0	0	
21	0,1258	0,1537	12,4	0	8	8	1	0	1	1	0	0	
22	0,1258	0,0929	11,47	0	8	14	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,86	0	8	20	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,96	0	8	26	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,87	0	8	32	0	0	0	1	0	0,5574	
2	0,1258	0,0929	2,1	0	8	38	0	0	0	1	0	0,1858	
3	0,1258	0,0929	2,84	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2,81	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,02	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,67	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,24	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,71	0,47	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,04	6,39	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	2,94	18,36	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	3,34	30,03	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	14,03	38,18	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
13	0,1258	0,1537	42,25	42,24	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
14	0,1258	0,1537	43,96	43,98	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
15	0,1258	0,1537	37,34	37,35	8	40	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	30,47	30,48	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	18,8	18,83	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
18	0,1258	0,1537	8,15	8,14	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	3,22	3,1	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	2,99	0,39	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	2,41	0	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	2,9	0	8	18,8	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,62	0	8	24,8	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,77	0	8	30,8	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	3,61	0	8	36,8	0	0	0	1	0	0,29728	
2	0,1258	0,0929	2,64	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,42	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,45	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
6	0,1258	0,0929	2,63	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,21	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,22	0,75	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	2,68	4,23	8	40	1	1	0	1	0	0	
10	0,1258	0,1537	4,26	11,65	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	2,53	18,11	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	3,06	18,22	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	9,44	15,69	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
14	0,1258	0,1537	13,27	13,24	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	12,06	12,08	8	39,2	1	1	0	1	0	0	
16	0,1258	0,1537	7,13	7,13	8	39,2	1	0	1	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	12,1	12,13	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
18	0,1258	0,1537	4,61	4,05	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
19	0,1258	0,1537	3,24	0,9	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	6,11	0,06	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	5,29	0	8	12,8	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	4,35	0	8	18,8	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	3,06	0	8	24,8	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,72	0	8	30,8	0	0	0	1	0	0,5574	
1	0,1258	0,0929	2,23	0	8	36,8	0	0	0	1	0	0,29728	
2	0,1258	0,0929	2,47	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,2	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	1,91	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,31	0	8	40	0	0	0	1	0	0	

6	0,1258	0,0929	2,28	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,18	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,81	0,19	8	40	0	0	0	1	0	0,63172	
9	0,1258	0,1537	4,65	4,16	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
10	0,1258	0,1537	3,4	13,86	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
11	0,1258	0,1537	3,46	28,5	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	3,79	30,3	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	37,69	42,12	8	40	1	1	1	0	1	0	1,04516
14	0,1258	0,1537	35,54	33,9	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	41,38	25,37	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
16	0,1258	0,1537	23,29	24,02	8	32,4	1	1	0	1	0	0,9222	
17	0,1258	0,1537	15,24	16,14	8	38,4	1	1	1	0	1	0	0,24592
18	0,1258	0,1537	3,61	7,93	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
19	0,1258	0,1537	3,02	2,8	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	6,33	0,12	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	6,38	0	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,48	0	8	25,6	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,48	0	8	31,6	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,48	0	8	37,6	0	0	0	1	0	0,22296	
1	0,1258	0,0929	2,79	0	8	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,59	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,21	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	3,33	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,76	0	8	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,49	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,23	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,64	0,41	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,02	5,36	8	40	1	1	0	0	1	0	0
10	0,1258	0,1537	14,8	17,23	8	40	1	1	0	1	0	0	
11	0,1258	0,1537	22,86	28,94	8	40	1	1	0	1	0	0	
12	0,1258	0,1537	23,14	37,58	8	40	1	1	0	1	0	0	
13	0,1258	0,1537	23,16	42,46	8	40	1	1	1	0	1	0	0
14	0,1258	0,1537	26,29	43,48	8	40	1	1	0	1	0	0	
15	0,1258	0,1537	37,1	37,11	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
16	0,1258	0,1537	31,57	30,31	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
17	0,1258	0,1537	16,89	19,46	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
18	0,1258	0,1537	7,06	7,07	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
19	0,1258	0,1537	4	2,62	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	3,91	0,06	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	7,06	0	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	3,6	0	8	25,6	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,8	0	8	31,6	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,95	0	8	37,6	0	0	0	1	0	0,22296	
1	0,1258	0,0929	3,82	0	8	40	0	0	0	0	1	0	0
2	0,1258	0,0929	2,13	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
3	0,1258	0,0929	2,45	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
4	0,1258	0,0929	2	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
5	0,1258	0,0929	2,33	0	8	40	0	0	0	0	1	0	0
6	0,1258	0,0929	2,31	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
7	0,1258	0,0929	2,35	0	8	40	0	0	0	1	0	0	
8	0,1258	0,0929	2,49	0,41	8	40	0	0	0	1	0	0	
9	0,1258	0,1537	3,62	5,74	8	40	1	1	0	0	1	0	0
10	0,1258	0,1537	17,32	17,65	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
11	0,1258	0,1537	32,08	29,11	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
12	0,1258	0,1537	32,38	37,65	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
13	0,1258	0,1537	39,81	42,35	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
14	0,1258	0,1537	48,54	42,76	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
15	0,1258	0,1537	2,71	37,85	8	39,2	1	1	0	1	0	0,12296	
16	0,1258	0,1537	7,4	30,18	8	40	1	1	0	1	0	0	
17	0,1258	0,1537	17,97	17,97	8	40	1	0	1	1	0	0	
18	0,1258	0,1537	7,31	7,34	8	40	1	1	0	1	0	1,04516	
19	0,1258	0,1537	3,37	2,5	8	33,2	1	0	1	1	1,04516	0	
20	0,1258	0,1537	2,63	0,14	8	26,4	1	0	1	1	1,04516	0	
21	0,1258	0,1537	9,78	0	8	19,6	1	0	1	1	1,04516	0	
22	0,1258	0,0929	15,21	0	8	25,6	0	0	0	1	0	0,5574	
23	0,1258	0,0929	2,49	0	8	31,6	0	0	0	1	0	0,5574	
24	0,1258	0,0929	2,09	0	8	37,6	0	0	0	1	0	3,49304	
											150,38	123,34	27,04

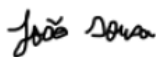
DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.



ISEP, Porto, 27 de Abril de 2026