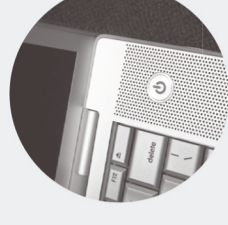
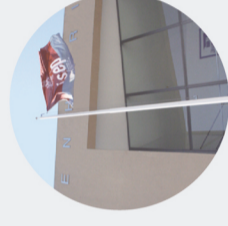




# Comercialização de Energia Elétrica para Veículos Elétricos e Carregamento: Perspetiva Atual e Futura.

**DIEGO RICARDO BAIRRÃO**

novembro de 2021



# Comercialização de Energia Para Veículos Eléctricos e Carregamento: Perspetiva Atual e Futura

**DIEGO RICARDO BAIRRÃO**  
Outubro de 2021



# COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA PARA VEÍCULOS ELÉTRICOS E CARREGAMENTO: PERSPETIVA ATUAL E FUTURA

Diego Ricardo Bairrão



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2021



Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de TEDSE – Dissertação/Estágio do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP/IPP) e do trabalho de conclusão de curso do curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC – campus Florianópolis). Este trabalho decorreu no âmbito do acordo internacional de dupla-titulação entre ISEP (Portugal) e IFSC (Brasil) como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia pelo ISEP/IPP e de Engenheiro Eletricista pelo IFSC.

Candidato: Diego Ricardo Bairrão, Nº 1192206, [1192206@isep.ipp.pt](mailto:1192206@isep.ipp.pt)

Orientação científica: João Pinto Soares, [jan@isep.ipp.pt](mailto:jan@isep.ipp.pt); Bruno Canizes,

[bmc@isep.ipp.pt](mailto:bmc@isep.ipp.pt); Edison Aranha, [earanha@ifsc.edu.br](mailto:earanha@ifsc.edu.br)



Departamento de Engenharia Eletrotécnica  
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

**2021**



## *Agradecimentos*

Agradeço a Deus pelo dom da vida e, ainda que tentando percorrer meus planos, os Seus acabaram me conduzindo para este momento ímpar.

Agradeço à minha incansável mãe, Maria de Fátima, por todo zelo, entrega e abnegação; em nenhum momento de minha vida senti-me sozinho ou desacompanhado, você sempre foi a minha Maria, meu primeiro e eterno amor. Meu incansável pai, Vândir, incentivador de primeira hora e exemplo de trabalho e dedicação. Minha irmã Carolina por tanto; um ser abençoado certamente sou pois tenho a honra desta presença em minha vida e neste trabalho há muito mais de você do que de mim. Minha gêmea de outra idade, Fabiana, por todo cuidado, carinho e admiração. Meus sobrinhos que são minha paixão: Pedro, João e Inácio.

Ao meu amor, Débora, um anjo de guarda e de amor, em vida e matéria; e tantos outros títulos e qualidades que não teriam páginas para vencer.

Deixo os melhores agradecimentos e os mais sinceros votos de estima e consideração ao orientador João Soares a quem tenho perpétua gratidão por tudo. Aos co-orientadores Bruno Canizes e Edison Aranha pelo suporte e acolhimento. Por fim, a toda gente do ISEP e ao IFSC, personificado pelo Prof. Piara, por esta oportunidade singular que estará guardada em minhas melhores memórias por toda a vida.



## *Resumo*

Nos últimos anos, a matriz de transportes recebeu muitas políticas para impulsionar a descarbonização do setor. Os veículos elétricos e a infraestrutura de carregamento cresceram de forma considerável, motivados pelas diretivas da União Europeia e legislações dos países, tornando-os plataformas de políticas nacionais. Considerando a dinâmica do mercado de eletricidade, a eletrificação dos transportes criou um novo desafio para o futuro. Neste contexto, este trabalho apresenta uma análise multivariada da comercialização de eletricidade e infraestrutura de carregamento para avaliar o estado real da mobilidade elétrica e projetar oportunidades futuras.

A análise utiliza tarifas, modelos de comercialização, cobrança de serviços e indicadores econômicos de quatro países. Um modelo de simulação abrangente estima o gasto total com mobilidade elétrica por país e o custo relativo do salário médio gasto com a recarga de veículos elétricos. Mesmo considerando o melhor cenário, os consumidores de Portugal comprometem aproximadamente três por cento do seu salário médio, enquanto a Noruega compromete apenas um por cento.

Os resultados revelam que o compromisso de longo prazo com o planejamento energético, geração e expansão da matriz energética implica em menores custos de energia; austeridade econômica, como controle de despesas e ampliação de investimentos, também implicam em menor gasto de energia para o cliente. As tarifas horárias são alternativas importantes para reduzir os custos de energia e gerenciar a demanda, ajudando as operadoras de rede a planejar e gerenciar o sistema de energia.

### *Palavras-Chave*

Infraestrutura de carregamento, aspectos econômicos, veículo elétrico, tarifa de energia retalhista, análise multivariada.



## *Abstract*

During the past few years, the transport matrix received many policies to push for the sector decarbonization. The electric vehicles and charging infrastructure increased a lot motivated by European Union directives and countries legislations, becoming national policies framework. Considering the electricity market dynamics, the electrification of transport created a new challenge going forward. In this context, this work presents a multivariate analysis of electricity commercialization and charging infrastructure to evaluate the real state of electricity mobility and design future opportunities.

The analysis uses tariffs, commercialization models, charging services and economic indicators of four countries. A comprehensive simulation model estimates the total electric mobility bill per country and the portion of the average salary spent with the car charging. Even considering the best scenario, consumers from Portugal commit almost three percent of its average wage while Norway commit only one percent.

The results reveal that long-term commitment with energy planning, generation and energy matrix expansion, implies on lower energy costs; better economic actions also imply on lower energy expenditure for costumer. The hourly tariffs are important alternatives to reduce energy costs and manage demand helping network operators to plan and manage the energy system.

### ***Keywords***

Charging infrastructure, economic aspects, electric vehicle, retail electricity tariff, multivariate analysis.



# Índice

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>I</b>
<b>RESUMO</b> .....	<b>III</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS</b> .....	<b>XI</b>
<b>ACRÓNIMOS</b> .....	<b>XIII</b>
<b>NOMENCLATURA</b> .....	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1.ENQUADRAMENTO.....	1
1.2.OBJECTIVOS.....	4
1.3.PUBLICAÇÕES .....	4
1.4.ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO .....	4
<b>2. ESTADO DA ARTE</b> .....	<b>5</b>
2.1.SISTEMA ELÉTRICO .....	7
2.2.MERCADOS DE ENERGIA .....	8
2.3.ASPECTOS JURÍDICOS EM MOBILIDADE ELÉTRICA .....	11
2.4.MOBILIDADE ELÉTRICA NA UNIÃO EUROPEIA.....	13
2.5.TARIFÁRIOS PARA VEs.....	23
<b>3. METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
3.1.DESCRICÃO DO PROBLEMA .....	30
3.2.METODOLOGIA PROPOSTA .....	31
<b>4. CASO DE ESTUDO</b> .....	<b>37</b>
4.1.CARACTERIZAÇÃO DOS PAÍSES .....	38
4.2.CARACTERIZAÇÃO DOS TARIFÁRIOS .....	44
4.3.VEÍCULOS.....	54
4.4.COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	55
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>67</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>71</b>



## *Índice de Figuras*

Figura 1 - Expansão dos EVs de passeio.	6
Figura 2 - Diagrama do setor elétrico.	7
Figura 3 - Consumidor e Prosumidor: ilustração.	8
Figura 4 - Emissões de gases de Efeito Estufa.	11
Figura 5 - Infraestrutura de Carregamento: Agosto, 2021.	16
Figura 6 - Conectores por tipo.	17
Figura 7 - Classificação UNECE de veículos.	19
Figura 8 - Projeto EVRoaming4EU.	20
Figura 9 - <i>Wallbox</i> : modelos EDP.	28
Figura 10 – Estudo do problema.	31
Figura 11 - Fluxograma MAECCI.	36
Figura 12 - Potência instalada: Portugal, 2020.	38
Figura 13 - Potência instalada: Espanha, 2020.	39
Figura 14 - Potência instalada: Noruega, 2020.	40
Figura 15 - Potência instalada: Alemanha, 2020.	41
Figura 16 - Análise não paramétrica de tarifários residenciais: Alemanha, 2020.	46
Figura 17 - Análise não paramétrica de tarifários: Espanha, 2020.	48
Figura 18 - Análise não paramétrica de tarifários: Noruega, 2020.	50
Figura 19 - Análise não paramétrica de tarifários: Portugal, 2020.	52

Figura 20 - CenA. Custo mínimo por perfil de uso.	57
Figura 21 - CenA. Carga tributária por país: 2020.	59
Figura 22 - CenB. Custo mínimo por perfil de uso.	62
Figura 23 - CenB. Carga tributária por país: 2020.	64

## *Índice de Tabelas*

Tabela 1 - Incentivos: veículos elétricos.	14
Tabela 2 - Incentivos: postos de carregamento.	14
Tabela 3 - Impostos: veículos elétricos.	15
Tabela 4 - Infraestrutura de carregamento: análise relativa.	18
Tabela 5 - Frota de veículos elétricos – Agosto, 2021: M1.	19
Tabela 6 - Infraestrutura de carregamento: comparativos.	21
Tabela 7 - Veículos elétricos: comparação.	22
Tabela 8 - Tarifários residenciais mobilidade elétrica: Portugal.	24
Tabela 9 - Comercializadores para carregamento externo: Portugal.	24
Tabela 10 - Tarifários residenciais mobilidade elétrica: Espanha.	26
Tabela 11 - Comercializadores para carregamento externo: Espanha.	27
Tabela 12 - Perfil de utilização EV.	33
Tabela 13 - Estratégia de carregamento.	34
Tabela 14 - Infraestrutura de carregamento UE: 2020.	41
Tabela 15 - Infraestrutura de carregamento: 2020.	42
Tabela 16 – Unidades de veículos M1 AFV e VEs: 2020.	42
Tabela 17 - Dados de caracterização dos países.	43
Tabela 18 - Códigos Postais.	44
Tabela 19 - Tarifários de carregamento externo: Alemanha, 2020.	47

Tabela 20 - Tarifários de carregamento externo: Espanha, 2020.	49
Tabela 21 - Tarifários de carregamento externo: Noruega, 2020.	51
Tabela 22 - Tarifários de carregamento externo: Portugal, 2020.	53
Tabela 23 - Dados Nissan LEAF: 2018.	54
Tabela 24 - Dados do caso de estudo: 2020.	55
Tabela 25 - CenA. Custo Mobilidade por Salário Médio.	58
Tabela 26 - CenA. Custo de energia por salário médio: Carregamento externo.	60
Tabela 27 - CenA. Custo de energia por salário médio: Estratégias mistas.	60
Tabela 28 - Variação SOC: Cenário A.	61
Tabela 29 - CenB. Custo Mobilidade por Salário Médio.	63
Tabela 30 - CenB. Custo de energia por salário médio: Carregamento externo.	65
Tabela 31 - CenB. Custo de energia por salário médio: Estratégias mistas.	65
Tabela 32 - Variação SOC: Cenário B.	66

## *Acrónimos*

AFV	-	<i>Alternative Fuel Vehicle</i>
BEV	-	<i>Battery electric vehicle</i>
BT	-	Baixa tensão
CEME	-	Comercializador de energia para a mobilidade elétrica
DHS	-	Discriminação horária semanal
EPRS	-	<i>European Parliamentary Research Service</i>
EU	-	<i>European Union</i>
EV	-	Veículo elétrico
OCPI	-	<i>Open charge protocol interface</i>
OPC	-	Operador de posto de carregamento
PC	-	Posto de carregamento
PHEV	-	<i>Plug-in Hybrid Electric Vehicle</i>
SOC	-	<i>State-of-Charge</i>
SGs	-	Redes inteligentes
ToU	-	<i>Time of use</i>
UE	-	União europeia
UVE	-	Usuário de veículo elétrico



## *Nomenclatura*

- $E_{Hc}$  - Energia consumida em carregamento particular
- $H_{Ct(t)}$  - Tarifa de energia  $t$  em posto particular
- $H_{Ft(t)}$  - Tarifa fixa  $t$  em posto particular
- $N_d$  - Período analisado (em dias)
- $E_{CPc}$  - Energia consumida em posto de carregamento
- $CP_{Ct(q)}$  - Tarifa de energia  $q$  do posto de carregamento
- $N_{CP}$  - Número de carregamentos efetuados em posto de carregamento
- $CP_{Ft(q)}$  - Tarifa de uso  $q$  do posto de carregamento
- $X_{H(t)}$  - Estado do tarifário  $t$  em relação à metodologia  
0 – desligado ; 1 – ligado
- $X_{CP(q)}$  - Estado do tarifário  $q$  em relação à metodologia  
0 – desligado ; 1 - ligado
- $C_{Sh(n)}$  - Estratégia de carregamento  $n$  em posto particular
- $C_{Sopc(n)}$  - Estratégia de carregamento  $n$  em posto de carregamento
- $T_{2FC(ev)}$  - Tempo para recarga completa da bateria do veículo  $ev$



# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1. ENQUADRAMENTO

O trabalho realizado para a elaboração deste documento foi efetuado em colaboração com o Centro de Pesquisa GECAD no âmbito do projeto CENERGETIC<sup>1</sup>. O projeto CENERGETIC: Gerenciamento coordenado de recursos de energia sob incerteza considerando veículos elétricos e flexibilidade de demanda em redes de distribuição, visa abordar um problema social relevante, melhorando a integração de recursos de energia renovável e veículos elétricos (EVs) em redes inteligentes (SGs).

A eletrificação da matriz de transportes é uma realidade cada vez mais próxima e a quantidade de EVs presentes nas estradas, dia após dia, aumenta e atrai a atenção de novos adeptos; com a adoção de políticas governamentais, a ocorrência de uma frota nacional totalmente eletrificada, ao menos no que se refere aos automóveis de passageiros, está próxima. Além disso, a infraestrutura de carregamento precisa se expandir e as tecnologias – de carregamento e armazenamento - evoluir, pois essa combinação possui um contributo adicional e vital: a redução das emissões de  $CO_2$  [1]. Tendo em conta o cenário de alterações climáticas e as políticas de descarbonização da economia, o EPRS afirma que “os mercados

---

<sup>1</sup> Projeto financiado pela FCT, nomeadamente o PTDC/EEI-EEE/28983/2017(CENERGETIC).

de electricidade devem ser remodelados de forma a garantir o seu apoio aos objectivos políticos da UE”. Após a diretiva da UE 2014/94 [2] e a "Estratégia Europeia para o Plano de Mobilidade de Baixa Emissão" [3], os Estados-Membros desenvolveram incentivos para a adoção destas tecnologias combinando esforços para atingir os objetivos principais da Comunidade Europeia; portanto, seus impactos precisam ser medidos e estudados no intento de perceber o estado da arte e observar os direcionamentos decorrentes destas políticas. De acordo com o *European Alternative Fuels Observatory* (EAFO) [4], há uma ampla gama de incentivos para EV e pontos de carregamento (CP); de acordo com o quadro "metas e progresso" [5] e os números de CP e EV estas ações demonstram o sucesso das políticas nacionais: mais de 274 mil pontos de recarga e quase 3 milhões de veículos de passageiros EV até agosto de 2021. Diante deste novo ambiente, o mercado de eletricidade é chamado a se reestruturar, uma vez que os comercializadores e agregadores de energia habitam um local altamente competitivo; o mercado de energia elétrica está se tornando, gradativamente, mais complexo e plural, e a opção por melhores tarifas está, progressivamente, conferindo maior responsabilidade aos consumidores.

Na literatura direcionada à mobilidade elétrica, trabalhos têm sido propostos com enfoque em tarifas de energia elétrica e infraestrutura de cobrança. No entanto, devido à complexidade do mercado atual, há muitas variáveis a serem gerenciadas considerando o lado do usuário (perfil de uso, como e quando carrega e qual EV dirige, por exemplo) e aspectos que dependem de análise heurística como suscetibilidade à variação de preço de energia. Alguns trabalhos tentam estabelecer uma cobrança inteligente e a penetração dos recursos distribuídos de energia (DER), contudo as particularidades exemplificadas anteriormente criam dificuldades na obtenção de resultados conclusivos e amplos. Por outro lado, outros estudos têm mostrado a importância de se entender o impacto da geração renovável nos preços da eletricidade [6] e sua perspectiva de preços futuros considerando análises de longo prazo [7]. No entanto, quando é feita uma visão geral sobre o mercado europeu, é claramente identificado que a integração será mais forte e é necessário analisar aspectos multivariados (por exemplo, roaming). Roaming é a possibilidade de carregar o EV mesmo que o usuário esteja fora de sua região, país ou mercado; isso poderia ser alcançado aplicando um protocolo comum; há projetos em desenvolvimento e um destes será abordado neste trabalho pois envolve a comunidade europeia. Analisando as variáveis que compõe os cenários atuais infere-se que a rede ficará maior e mais integrada revelando um aumento da

demanda de energia. De fato, o trabalho de [8] mostra a importância desse impacto no preço do mercado atacadista. A revisão de literatura sugere a ocorrência de um horizonte de oportunidades para novos trabalhos e releituras visando propor novas abordagens e motivar novas pesquisas que mitiguem as lacunas identificadas.

O carregamento do EV ocorre em casa ou estação de carregamento. Quando opta por carregar em casa, o usuário adere a planos que cobram um preço referente a energia carregada; ao escolher as estações de recarga, o usuário paga a energia e o uso, apenas a energia ou uma taxa fixa que confere um montante de energia ao mês. Este trabalho considera todas as opções de carregamento externo.

Diante do exposto, esta dissertação propõe uma alternativa avançada de análise multivariada de comercialização de energia elétrica e infraestrutura de carregamento de energia (MAECCI). A proposta abrange aspectos técnicos (por exemplo, infraestrutura de carregamento, conectores), regulatórios (a saber, resoluções da UE e dos estados-membros) e econômicos (incentivos EV, incentivos de pontos de carregamento e benefícios fiscais); cada aspecto é dividido e, em seguida, organizado para compreender o estado atual da mobilidade elétrica (EM). As métricas utilizadas compreendem análise per capita e relativa (por exemplo, infraestrutura de carregamento por frota de EV e frota de EV por frota total). O custo da energia do usuário (cobrança externa e residencial) é analisado considerando as tarifas de quatro mercados.

A principal contribuição deste trabalho é o fornecimento de um método objetivo que considera aspectos multivariados para estabelecimento da comercialização de energia elétrica, sob a perspectiva do usuário, fornecendo subsídios para que ele identifique e escolha a melhor estratégia para si consoante suas preferências e limitações. Em um cenário com diversas possibilidades e um arcabouço de informações acessadas diariamente torna-se difícil ao usuário, de forma simples, definir a alternativa que lhe fará poupar mais; inclui-se a possibilidade de obter valores baixos com a conveniência do carregamento residencial.

## **1.2. OBJECTIVOS**

Nesta proposta de tese pretende-se investigar o estado atual da comercialização de energia e da infraestrutura de carregamento para veículos elétricos nos países da Europa a nível técnico, comercial, da regulamentação e legislação. Propõe-se que seja analisada a tarifação existente direcionado ao mercado da mobilidade elétrica a nível de carregamento privado e público nesses países e seja feita uma análise das deficiências e dos desafios existentes.

## **1.3. PUBLICAÇÕES**

O presente trabalho resultou em artigo que está em processo de revisão para o CPES2022.

## **1.4. ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO**

A presente dissertação encontra-se organizada em cinco capítulos. Este, o primeiro, de teor introdutório, descreve os objetivos do trabalho, o âmbito e a organização do documento. O capítulo 2 é destinado ao estado da arte com a exposição dos atuais esquemas tarifários (incluindo os tarifários direcionados aos EVs), a infraestrutura de carregamento, introdução aos mercados de energia e apresentação dos aspetos económicos e legislativos acerca da mobilidade elétrica; apresenta-se, também, os números pertinentes a mobilidade elétrica na União europeia, com especial menção à frota de EVs e a questão do *roaming* elétrico. No terceiro capítulo, o problema da comercialização de energia elétrica na perspectiva do usuário é descrito e a proposta de metodologia é apresentada, juntamente com os parâmetros de análise e aspectos dos usuários de veículo elétrico, a saber: perfil de utilização e estratégia de carregamento. O capítulo 4 destina-se ao caso de estudo aplicado em quatro países: Alemanha, Espanha, Noruega e Portugal. A base de dados utilizada, que compreende os *inputs* da MAECCI, é apresentada bem como as ações de validação e tratamento de dados. Em 5 estão as conclusões mais importantes que resultaram do trabalho desenvolvido; ao final deste estão as proposições para trabalho futuro que surgiram ao longo do desenvolvimento desta dissertação.

## 2. ESTADO DA ARTE

A mobilidade elétrica é um movimento relacionado à eletrificação dos transportes - representa também uma área de negócios - que está presente e se desenvolve em todo o mundo; os avanços da última década, impulsionados por ações estatais e privadas, tem produzido uma crescente penetração dos veículos e um surgimento de lacunas no âmbito comercial. Esta disparidade, ainda que pequena, é suplantada pelos avanços tecnológicos que, combinados com as metas da UE, produzem uma dinâmica neste sistema que orienta-se, *a priori*, por um gradiente direcionado à eletrificação dos transportes – ao menos, os veículos de passeio particular.



Figura 1 - Expansão dos EVs de passeio [9].

Uma das lacunas no âmbito comercial, refere-se a pouca incidência, em alguns casos ausência, de estratégias comerciais destinadas aos usuários de EVs; ademais, as tecnologias de carregamento estando em patamares mais lentos que os veículos à combustão, trazem ao consumidor um desafio de compreender a dinâmica e como inseri-las em sua rotina, rompendo esse estado transiente e atingindo o regime permanente.

Este capítulo apresenta o cenário que a mobilidade elétrica está inserida, bem como o seu estado de desenvolvimento no que tange aspectos econômicos, jurídicos e técnicos; estes aspectos são evidenciados ante a UE e rede Mobi.E. A questão do *roaming* elétrico é analisado e, ao final do capítulo, executa-se uma revisão literária referente às tarifas existentes no intento de compreender o tema de estudo desta dissertação.

## 2.1. SISTEMA ELÉTRICO

O sistema elétrico é a composição de elementos legislativos, reguladores, operativos e consumidores que se relacionam com vistas ao fornecimento e consumo seguros e confiáveis de energia elétrica. As regulações e legislações são produto das casas legislativas e de órgãos estabelecidos para cada fim – compreendem uma estrutura particular, dependendo de cada país, e não uma regra geral. Os elementos operativos, ditos neste trabalho, referem-se aos geradores de energia, transmissores, distribuidores e comercializadores.

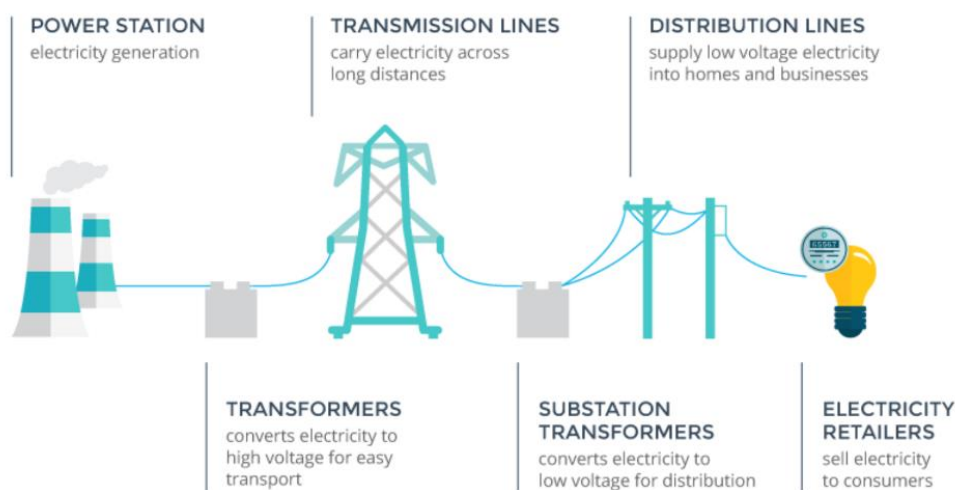


Figura 2 - Diagrama do setor elétrico [10].

Os geradores são os responsáveis por transformar os recursos naturais em energia elétrica - este insumo essencial para o desenvolvimento econômico e o bem estar social. Transmissores são os transportadores de energia dos pontos de geração para os centros de carga; estes atuam com níveis de tensão próprios da estrutura denominada linha de transmissão, transportando grandes pacotes de energia com a menor perda possível. Os distribuidores respondem por levar a energia até os centros consumidores; para tal, necessitam adequar os níveis de tensão de acordo com o ponto de entrega (utilizam-se de subestações e pontos de transformação dispersos pelos diversos centros de carga).

A comercialização dos pacotes de energia está a cargo dos entes denominados comercializadores; estes participam de mercados competitivos, compram tais pacotes de

energias e os vendem, estabelecendo relações comerciais diretas, com os diversos tipos de consumidores. Aos consumidores compete o uso adequado da energia, evitando desperdícios, e a opção pelas melhores tarifas que permitam adquirir o melhor serviço ao menor custo; a atuação destes têm-se ampliado em virtude da geração distribuída (possibilidade de adquirir geração fotovoltaica ou outra fonte renovável) cada vez mais presente e acessível aos consumidores (esta tecnologia criou uma nova categoria de nome prosumidor ou produtor-consumidor); a figura 3, extraída de [11], ilustra as duas categorias.

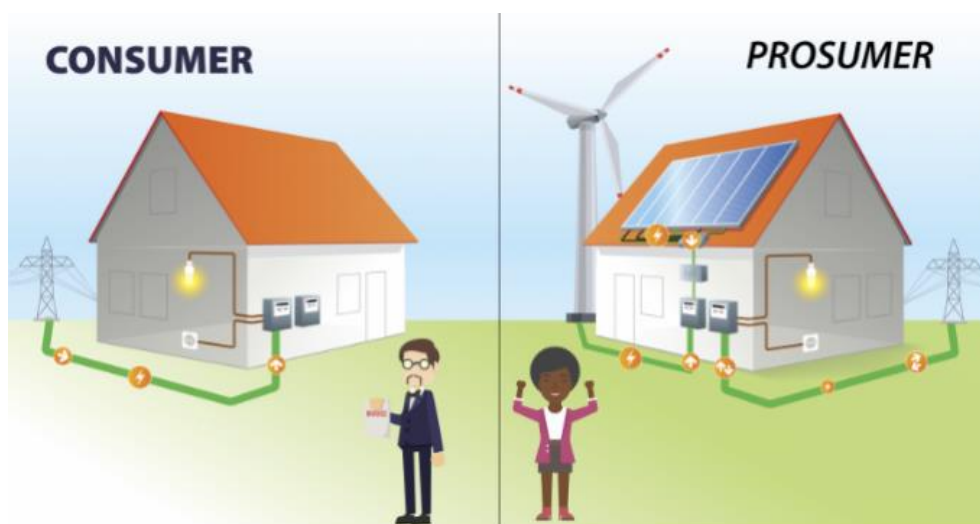


Figura 3 - Consumidor e Prosumidor: ilustração.

## 2.2. MERCADOS DE ENERGIA

Os mercados de energia elétrica são ambientes que possuem especificidades de natureza física e econômica que os tornam imperfeitos. Dessa forma, projetar o desenvolvimento do setor requer atendimento, de forma simplificada, a dois pontos: inviabilidade de armazenamento de grandes volumes de eletricidade e equilíbrio instantâneo entre oferta e demanda. A demanda não tende a responder às variações de preço no decorrer do dia, solicitando uma coordenação pelo lado da oferta – especialmente mecanismo de resposta da demanda.

Os agentes dos mercados de energia são organizados de tal forma que, dependendo do tipo de atuação e relacionamento (ambos, atuação e relacionamento, são definidos por níveis de regulamentação), compõe um modelo específico de mercado. [12] define os quatro modelos de mercado de eletricidade; estes diferem quanto ao nível de desregulamentação. Inicia-se com o tradicional monopólio vertical que integra toda a cadeia produtiva – todas as áreas integradas com exceção da distribuição sendo realizada por empresas independentes. No segundo, há geradores independentes que vendem a totalidade de sua energia no monopólio integrado (através de contratos de longo prazo) abrangendo toda a sua vida útil. A competição aparece no terceiro modelo; este apresenta ausência de regulação para a geração e a contratação livre de energia por grandes consumidores e distribuidoras. Contudo, no terceiro modelo, as distribuidoras ainda possuem o monopólio de fornecimento sobre os consumidores finais; esta é a principal diferença entre o terceiro e quarto modelo: neste último, todos os consumidores escolhem os seus fornecedores.

Essas tipologias são encontradas em diversos países e cabe explicar sinteticamente as diferenças para se estabelecer um paralelo entre os países analisados.

As regras de funcionamento dos mercados de eletricidade são definidas por reguladores nacionais independentes. Referente a UE, a Agência de Cooperação dos Reguladores da Energia (ACER) define as orientações para as redes e mercados transnacionais de eletricidade, os chamados códigos de rede. Estes são posteriormente desenvolvidos pela ENTSO-E (Rede Europeia de Operadores de Redes de Transporte) e aprovados pelos representantes dos Estados-Membros através de comitê. A rede elabora, também, planos de desenvolvimento de rede – com horizonte de 10 anos - com vistas ao atendimento da confiabilidade, continuidade e estabilidade do fornecimento de energia.

Durante anos, diversas legislações foram adotadas e produziram grandes alterações no mercado de energia; cabe destacar a comutação de um estado quase monopolístico (permeado por algumas companhias) para um modelo mais competitivo. As legislações são orientadas ao *target design model* [13]; neste modelo, o objetivo principal é um mercado cada vez mais interligado e com preços convergentes (acessíveis) em toda a UE. Destacam-se três pacotes legislativos adotados nos anos 90, em 2003 e 2009; tais pacotes

desregulamentaram o setor fornecendo acesso a diversos participantes e, assim, promovendo competição no mercado atacadista e varejista.

Diante do cenário de mudanças climáticas e as políticas de descarbonização da economia, O EPRS afirma que “os mercados de eletricidade devem ser remodelados de forma a garantir o seu apoio aos objetivos políticos da EU”; este, lista os quatro pontos principais, através dos quais, os mercados contribuirão de forma profícua:

- Incentivo a investimentos em geração flexível de eletricidade com baixo teor de carbono;
- Encorajando investimentos em uma rede estável e adaptável que seja adequada para uma parcela crescente de energias renováveis e para novos usos de eletricidade;
- Incentivo ao uso de equipamentos e bens de consumo com baixo consumo de energia;
- Fornecimento de energia acessível para a indústria e residências.

Os estados membros têm se esforçado em promover tais pontos através de mecanismos de incentivo; a exemplo, considerando as fontes de energia renovável, estes tem aplicado os incentivos *feed-in tariffs* (compensação por energia proveniente de fonte renovável injetada na rede) e *feed-in premiums* (O nível de pagamento é baseado em um prêmio oferecido acima do preço de mercado da eletricidade). Outros mecanismos – como o mecanismo de remuneração por capacidade – estão em constante crescimento no número de adeptos, isto tem projetado um horizonte que promova a estabilidade do sistema, ainda que durante picos de demanda.

### 2.3. ASPECTOS JURÍDICOS EM MOBILIDADE ELÉTRICA

Há uma meta ambiciosa, no que tange a redução das emissões de  $CO_2$ , por parte da união europeia; a eletrificação dos transportes é um importante assunto, visto que os veículos à combustão – de presença majoritária nas estradas – são os grandes responsáveis por tal contributo (aproximadamente 3/4 das emissões de greenhouse gas) conforme mostra a figura 4 extraída de [14].

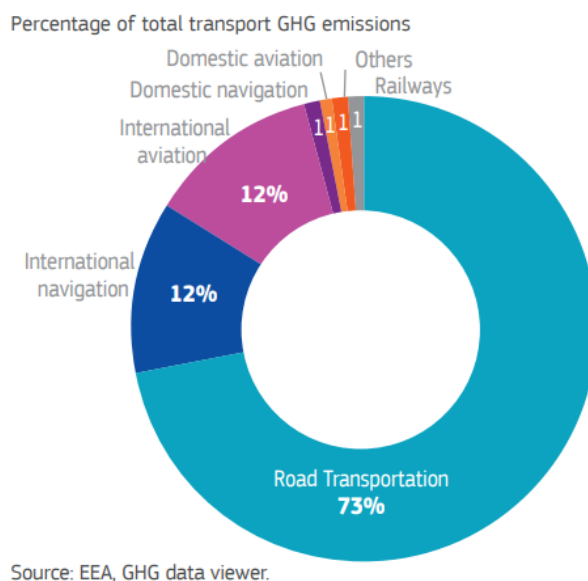


Figura 4 - Emissões de gases de Efeito Estufa.

A UE tem dividido responsabilidades com os estados membros, não apenas com relação a incentivos, mas também com a elaboração de matérias jurídicas (regulações e legislações) que promovam tal objetivo; o aporte financeiro, sob a ótica de incentivos (nacionais ou locais), produz um efeito positivo, mas a materialidade de resoluções – por exemplo – produz um peso maior na adoção de políticas e tomada de responsabilidades.

A diretiva 2014/94/EU [2] – publicada em outubro de 2014 – estabelece responsabilidades para a aplicação de energias renováveis aos transportes; em 2016, em um movimento de continuidade a diretiva de 2014, a Comissão europeia publica o plano “european strategy for low-emission mobility”; o plano, além de promover o uso de energias renováveis para os transportes, ressalta a importância de uma infraestrutura de carregamento público e o despertar de consciência para a adoção, por parte dos usuários, de veículos elétricos. No seguinte ano, o texto é aprovado pelo Parlamento europeu regulamentando as

proposições deste; um dos pontos de destaque é a chamada para um planejamento de longo período para uma nova geração de baterias – autonomia similar ou próxima aos veículos à combustão produz uma inclinação a compra, visto que, em muitos países, a energia elétrica ainda é muito cara. Assim como na comunidade europeia, os estados-membros – orientados pelas resoluções e estratégias da EU – também desenvolveram matérias jurídicas para fomentar o mercado de mobilidade elétrica. Países como Alemanha, Áustria e Itália optaram por, inicialmente, oferecer isenções de impostos em aquisição de veículos; posteriormente criaram projetos mais robustos (aliando infraestrutura, incentivos financeiros e investimentos em novas tecnologias) e estão observando um atingimento às metas estabelecidas por cada plano. Portugal, de forma pioneira, estabeleceu um órgão burocrático específico para a estruturação e o fomento da mobilidade elétrica, a Mobi.E; o órgão é o responsável por toda mobilidade – inclusive a certificação dos comercializadores de energia – atuando com planejamento centralizado. Em Espanha, o IDAE – Instituto para a diversificação e desenvolvimento da energia – foi reestruturado e, agora, atua de forma centralizada na regulação e planejamento econômico e técnico da mobilidade elétrica.

## **2.4. MOBILIDADE ELÉTRICA NA UNIÃO EUROPEIA**

Embora os esforços do Parlamento europeu sejam direcionados a fomentar políticas que convirjam a um objetivo – e.g. eletrificação dos transportes - cada estado-membro as desenvolve de acordo com sua realidade local, respeitando suas demandas internas e disponibilidades – econômicas e políticas. Isto cria um cenário que permite verificar as diversas práticas e, posteriormente, avaliar os resultados de cada ação. Esta seção apresenta os aspectos econômicos e técnicos desenvolvidos por Alemanha, Dinamarca, Espanha, França, Holanda, Itália, Noruega, Portugal e Suécia no intento de cumprir o artigo 3 da diretiva 2014/94/EU (Diretiva de infraestrutura de combustíveis alternativos).

### **2.4.1 ASPECTOS ECONÓMICOS**

Esta categoria se refere às ações que promovem vantagem financeira para aquisição, posse e carregamento de veículos elétricos; tais ações correspondem aos incentivos diretos (bônus em euros), impostos (benefícios fiscais) e tarifários especiais para automóveis elétricos.

No que tange os incentivos diretos, todos os países analisados apresentam ações para uso em desconto na compra de veículos novos e investimento em carregamento particular (individual ou coletivo). Para a compra de veículos, os valores são progressivos e dependem da tipologia (BEV e PHEV) e do valor de mercado – sendo a vantagem progressiva, dependendo da associação entre esses dois. Além do contributo no âmbito federal, regiões da federação (condados, distritos, etc.) também possuem programas próprios ampliando o acesso aos incentivos e promovendo a aderência às políticas públicas. A tabela 1 mostra os incentivos federais para aquisição de EV [15] e as condições necessárias para acesso aos benefícios – não estando o proponente enquadrado nas faixas indicadas, não terá acesso aos incentivos; destaca-se que três países não apresentam incentivo vigente.

Tabela 1 - Incentivos: veículos elétricos.

País	Incentivo [BEV]	Incentivo [PHEV]	Condição de concessão
Alemanha	€ 8.000,00	€ 5.625,00	Faixa de preço (€ 40.000 a € 60.000)
Dinamarca	-	-	-
Espanha	-	-	-
França	27% do PV	27% do PV	Depende do nível de emissão CO <sub>2</sub>
Holanda	€ 4.000,00	€ 4.000,00	Faixa de preço (€ 12.000 a € 45.000)
Itália	€ 4.000,00	€ 4.000,00	Depende do nível de emissão CO <sub>2</sub>
Noruega	-	-	-
Portugal	€ 3.000,00	€ 1.125,00	-
Reino Unido	€ 3.500,00	€ 3.500,00	Depende de emissão CO <sub>2</sub> e autonomia
Suécia	Até 25% do PV	Até 25% do PV	Depende do nível de emissão CO <sub>2</sub>

Em Portugal, o incentivo é condicionado a tipagem do veículo e emissão de CO<sub>2</sub> do automóvel; outras nações adotam, apenas, o nível de emissão de CO<sub>2</sub> do veículo para definir o percentual sobre o preço de venda (PV). Apenas 30% não apresentam incentivos.

Possuir um veículo elétrico implica em poder abastecê-lo, inclusive, em casa - essa conveniência é acessada por meio de dispositivos chamados *wallbox*. Para estas estações, sejam individuais ou coletivas, confere-se um valor para compra de equipamentos habilitados para tal fim; custos extras, como instalação e mão-de-obra, não são abarcados e pressupõe uma disposição do interessado em arcar com tais valores. Assim como os incentivos para compra, há opções na esfera federal e nas regiões da federação; a tabela 2 mostra os principais incentivos concedidos.

Tabela 2 - Incentivos: postos de carregamento [15].

País	Privado	Público	Impostos
Alemanha	Progressivo*	Progressivo*	Não
Dinamarca	Não	Não	Não
Espanha	Progressivo*	Progressivo*	não
França	Progressivo*	Não	Não
Holanda	Não	Não	Não
Itália	Não	Não	Progressivo*
Noruega	Não	Sim*	Não
Portugal	Não	Não	Não
Reino Unido	Progressivo*	Progressivo*	Progressivo*
Suécia	Progressivo*	Progressivo*	Não

A Alemanha possui uma política na qual os estados da federação são os responsáveis por fomentar as infraestruturas de carregamento; cinco países não possuem políticas nacionais para fomentar postos de carregamento. Os incentivos listados como progressivo\* correspondem às nações com critérios variados e adaptativos necessitando consultar as

especificidades das legislações; salienta-se que são políticas abrangentes e possibilitam amplo acesso a incentivos. Apenas 40% dos países oferece algum incentivo para a compra de wallbox. A coluna privado implica na reunião de duas categorias de uso: individual e coletivo; a coluna público refere-se aos postos, ou wallbox, de acesso livre por qualquer ente.

A redução de impostos é uma prática que visa incentivar a dinâmica econômica oferecendo maior capacidade de compra aos interessados; o estado deixa de arrecadar, mas a economia se movimenta baseada no consumo interno. Para fomentar a migração da frota atual e eletrificar os veículos de passeio – além de compreender o alto custo dos EVs em relação aos de combustão – descontos, e isenções, nos impostos de propriedade, registro e circulação são concedidos; tais valores são progressivos, alguns permanentes e outros transitórios, e compreendem a ampla gama de veículos elétricos – é necessário observar os critérios que cada ente adota, pois são pautados em situações particulares. Há, na tabela 3, a demonstração da diversidade de práticas na esfera fiscal.

Tabela 3 - Impostos: veículos elétricos [15].

País	Empresarial		Contribuinte Individual	
	Propriedade	Registro	Propriedade	Registro
Alemanha	Progressivo	Não	Isento	Não
Dinamarca	Progressivo	Não	Progressivo	Progressivo
Espanha	Isento	Isento BEV	Isento	Isento BEV
França	Progressivo*	Isento*	Progressivo*	Isento*
Holanda	Isento BEV	Progressivo	Isento BEV	Progressivo
Itália	Isento*	Não	Isento*	Não
Noruega	€ 48,00	Isento BEV	€ 48,00	Isento BEV
Portugal	Isento*	Isento*	Isento*	Isento*
Reino Unido	Isento*	Progressivo*	Isento*	Progressivo*
Suécia	Progressivo*	Não existe	Progressivo*	Não existe

A preferência para isenção de impostos de propriedade/circulação abarca os BEV. Em Noruega, há uma cota única de 48 euros, aplicáveis a todos os veículos. A Suécia não possui imposto de registro; em adição, ao listar, e usar, um veículo particular em atividade profissional, as taxas de crédito diminuem – isto torna o preço final das operações de crédito mais baratas. Os impostos listados como progressivo\* e isento\* possuem critérios variados e adaptativos necessitando consultar as especificidades das legislações. Em Noruega, o IVA é isento para todos os veículos elétricos; a associação deste com o imposto de registro resultou em preços mais baixos dos BEVs com relação aos PHEVs. Em Portugal há redução de IVA condicionado à determinadas faixas de preço [16].

## 2.4.2 ASPECTOS TÉCNICOS

A compreensão dos elementos físicos que se relacionam no mercado de energia de mobilidade é parte integrante deste trabalho; não obstante a sua relevância para o estado da arte, mas também para avaliar as melhores práticas e basear novas ações; além da disponibilidade, o tempo de espera para recarregar será uma variável de decisão que impactará, diretamente, as escolhas do usuário. Por certo, o desenvolvimento de novas tecnologias – inclusive de velocidades de carregamento, conectores e baterias com maior autonomia – desenvolverá um horizonte com novas possibilidades; assim, após a massificação destes elementos, a interação se tornará cada vez mais osmótica e fluida.

A infraestrutura de carregamento é entendida pelos equipamentos dispostos em ambientes públicos e privados (de uso coletivo), os charge points; há uma divisão entre carregamento normal (Potência carregamento < 22kW) e carregamento rápido (Potência de carregamento  $\geq$  22kW). A subdivisão cria uma métrica importante capaz de avaliar a forma como a rede se expande, dando base temporal ao usuário para planejar a melhor forma de utilizá-la. A figura 5 apresenta os pontos de carregamento de uso coletivo não englobando os de uso residencial.

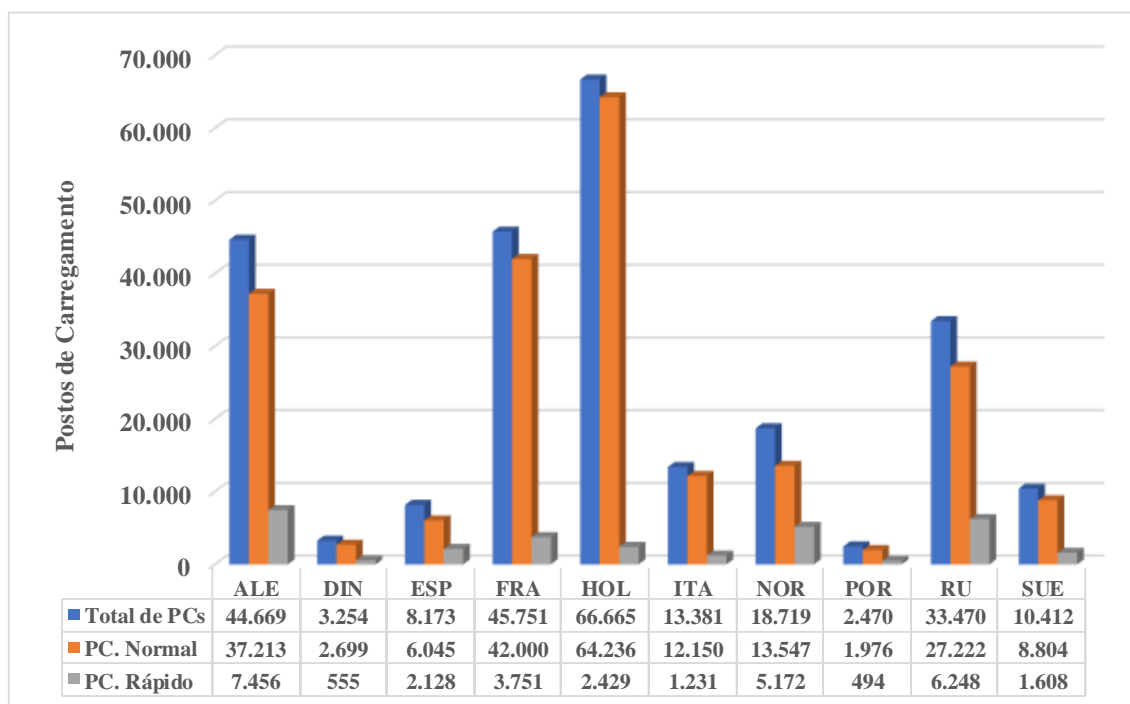


Figura 5 - Infraestrutura de Carregamento: Agosto, 2021 [17].

Conforme demonstra a figura 5, há uma predominância nos postos de carregamento normal e Holanda apresenta a maior rede (quantidade absoluta). Com relação aos postos de carregamento rápido, o líder, também em quantidade absoluta, é a Alemanha.

No âmbito dos carregamentos, há padrões de carregadores que são utilizados visando uniformizar o acesso a determinados postos por determinadas marcas; não é possível produzir, ainda, um veículo que possua diversos conectores; há diferenciação entre os conectores, também, por velocidade de carregamento (VC). No âmbito dos conectores rápidos, existem quatro tipos: Type-2 AC, CCS (Combo1/Combo2), ChaDeMo e Tesla SC. Na Europa, o conector com maior capilaridade é o CCS: corresponde a maior presença nas estações de carregamento, seguido por ChaDeMo, Type-2 AC e Tesla SC; o último é aplicável, apenas, a veículos da marca Tesla. O modelo CCS é uma associação entre alimentação em corrente alterna e contínua, o que amplia a sua atuação e difusão. A figura 6 mostra os indicadores por conector considerando agosto de 2021.

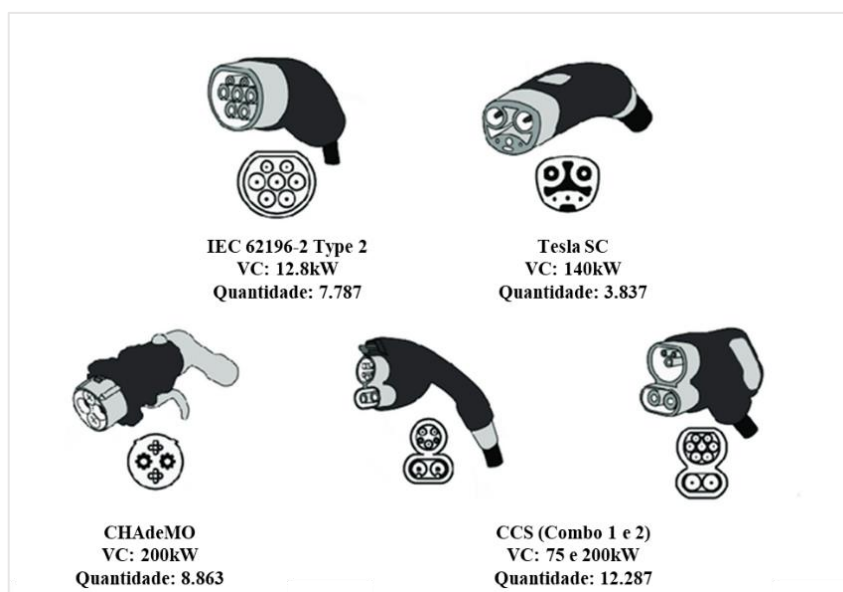


Figura 6 - Conectores por tipo [17].

A autonomia dos veículos elétricos é um ponto de constrangimento; assunto de pesquisa recorrente e objeto de observação aos novos usuários: há necessidade de percorrer distâncias, assim como os veículos à combustão. Assim, a relação VE por PC faz-se necessário pois mostra, quantitativamente, se a infraestrutura está adequada ao número de veículos. Além desta observância ao perímetro urbano, desloca-se o olhar para as viagens –

considerando a integração dos estados-membros quanto às férias; dessa forma, ainda que se desenvolvam baterias com maior autonomia, desenvolver uma infraestrutura nas estradas, fora do perímetro urbano, é uma estratégia viável e necessária. A tabela 4 apresenta uma análise relativa da infraestrutura de carregamento considerando agosto de 2021 [17]

Tabela 4 - Infraestrutura de carregamento: análise relativa.

<b>País</b>	<b>Posto de carregamento rápido por 100 km (autoestrada)</b>	<b>EV por Posto de carregamento</b>
Alemanha	57	13
Dinamarca	42	18
Espanha	14	11
França	32	9
Holanda	80	4
Itália	18	7
Noruega	989	24
Portugal	16	26
Reino Unido	164	13
Suécia	75	18

A segunda coluna mostra a distribuição dos postos de carregamento rápido a cada 100 km (autoestrada); de forma isolada, a Noruega apresenta ampla rede – fruto de um compromisso iniciado no ano de 1990. A relação apresentada na última coluna, EV por PC, engloba todo os veículos elétricos de passeio e os dois grupos de estação de carregamento; Holanda tem a menor concorrência de EV por um posto – isso indica uma menor possibilidade de espera para acessar um local.

A frota de veículos elétricos é composta por dois tipos: BEV e PHEV. Os BEVs – *battery electric vehicle* – correspondem aos veículos puramente elétricos, ou seja, dotados apenas de sistema com motor elétrico. Os PHEVs – *plug-in hybrid vehicle* – possuem propulsão híbrida, ou seja, motor à combustão interna e motor elétrico; possuem um conector para conexão e carregamento a rede elétrica. Em adição, derivações quanto ao tipo de estrutura, conforme classificação UNECE (*United Nations Economic Commission for Europe*), a saber: L, M1, N1, M2/M3, N2/N3 e O. A classificação é mostrada pela figura 7.

L	Ciclo Motor	  
M1	Veículo de Passeio	 
M1,M2	Autocarro	 
N1	Veículo leve de trabalho	 
N1,N2	Veículo pesado de trabalho	 
O	Trailer / Rebocável	 

Figura 7 - Classificação UNECE de veículos.

A relação percentual da frota total – presente na tabela 5 – refere-se ao total da frota de passeio[18].

Tabela 5 - Frota de veículos elétricos – Agosto, 2021: M1.

País	BEV	PHEV	Total	%FrotaTotal
Alemanha	308.139	287.037	595.176	1,26%
Dinamarca	30.516	26.749	57.265	2,21%
Espanha	45.057	43.481	88.538	0,37%
França	277.001	132.309	409.310	1,24%
Holanda	172.524	100.371	272.895	3,26%
Itália	55.307	44.212	99.519	0,26%
Noruega	319.540	134.420	453.960	16,81%
Portugal	36.882	27.710	64.592	1,29%
Reino Unido	58.240	132.440	190.680	3,91%
Suécia	206.998	240.361	447.359	1,28%

Em valores absolutos, os noruegueses possuem a segunda frota; em termos percentuais, a primeira – sinalizando um ponto de atenção com as práticas estabelecidas por lá. Há uma predominância de opção pelos BEVs (1.510.204 unidades); apenas 20% dos países possui uma frota de PHEVs superior. Em Suécia, o recorrente problema do setor elétrico e as políticas nacionais impulsionam as vendas de PHEV. Em Reino Unido, a parcela da energia é elevada, o que afasta os consumidores de veículos da primeira tipologia.

### 2.4.3 ROAMING

O crescente investimento em infraestrutura produz um aumento significativo dos postos de carregamento; este investimento visa criar uma atmosfera de certeza quanto à utilização dos veículos elétricos – possibilidade de locomover e, facilmente, encontrar um local para recarregar meu automóvel. Dentro de cada estado membro é perceptível o intento em alcançar este objetivo, mas, na possibilidade de atravessar as fronteiras de estado e adentrar em outra unidade federativa, é possível ter a mesma segurança? Dito isto, começa-se a pensar no aspecto de “roaming” considerando as dimensões continentais da EU. Existem diversas iniciativas privadas que permitem o acesso a postos de carregamento em diversos países; dessa forma constroem uma “rede de carregamento” qualificando o serviço como um agregador de postos: o roaming é possível através de fatura centralizada pela plataforma que recebe os diferentes valores e emite a fatura para pagamento. Quando do pagamento, este agregador repassa os valores para os respectivos comercializadores. Dentre estes exemplos, tem-se os seguintes: Chargemap, Plugsurfing, NewMotion, GreenFlux, Electromaps e Chargepoint. Visando fomentar o roaming de carregamento elétrico, a UE iniciou um projeto colaborativo, denominado evRoaming4EU [19]. Este projeto é desenvolvido entre Alemanha, Áustria, Dinamarca, Holanda e demais parceiros privados; estes visam desenvolver um Open Charge Protocol Interface (do inglês, Interface de protocolo aberto de carga) que permitirá a um usuário carregar seu EV em qualquer estado-membro.



Figura 8 - Projeto EVRoaming4EU.

Atualmente este projeto está em desenvolvimento do OCPI tendo suas ações centralizadas na Áustria. Atualmente, a rede Mobi.E adota o OCPI e está em implementação a versão 2.2 [20]. Mobi.e está direcionada para a certificação dos OPCs e CEMEs; no âmbito do roaming, a rede não fornece acesso a outros postos fora de Portugal; contudo, empresas privadas que possuam registro para operar na rede portuguesa e possuam operações em outros estados-membro, são uma alternativa para contornar esta deficiência. Atualmente,

apenas, a Digital Charging Solutions [21], é capaz de fornecer tal serviço e proporcionar acesso a mais de 100 000 pontos de carregamento com operação própria.

#### 2.4.4 A Rede MOBI.E

A infraestrutura de carregamento conta com 2470 postos [16][22] – destes, 1 142 são MOBI.E, de acesso público – e podem ser utilizados através de agregadores de serviços de carregamento e/ou cartões Mobi.E; é necessário consultar previamente, via aplicativos, os critérios para acesso aos PCs. Este número de postos qualifica Portugal ao antepenúltimo local em Postos per capita; ainda que 20% dos postos sejam de carregamento rápido (terceira posição), observa-se uma grande oportunidade de melhoria. Em estudo recente, a *European Automobile Manufacturers' Association* (ACEA), publicou um trabalho que, baseado em análises ponderadas (por produto interno bruto, por exemplo) assegura Portugal na quarta posição em postos de carregamento. A tabela 6 mostra comparativos referentes a infraestrutura de carregamento [17].

Tabela 6 - Infraestrutura de carregamento: comparativos.

<b>País</b>	<b>Postos carregamento rápido por Total de postos</b>	<b>Postos por 100 mil habitantes.</b>
Alemanha	17%	54
Dinamarca	17%	56
Espanha	26%	17
França	8%	68
Holanda	4%	386
Itália	9%	22
Noruega	28%	351
Portugal	20%	24
Reino Unido	19%	50
Suécia	15%	102

Pelas ruas de Portugal circulam 64.592 EVs - do tipo M1 com base nos dados de agosto de 2021 [18] - o que compreende 1,29% da frota de veículos de passeio. Em análise per capita, Portugal está na terceira posição. Uma oportunidade de melhoria acerca da infraestrutura portuguesa: a relação EV por posto de carregamento, o coloca na última posição dentre os países analisados; esta condição é mostrada pela tabela 7, construída através do cruzamento de dados presentes em [17] e [18].

Tabela 7 - Veículos elétricos: comparação.

<b>País</b>	<b>EV por 100 mil habitantes</b>	<b>EV por Total de postos</b>
Alemanha	700	13
Dinamarca	1000	18
Espanha	200	11
França	600	9
Holanda	1600	4
Itália	200	7
Noruega	8500	24
Portugal	600	26
Reino Unido	700	13
Suécia	1900	18

O governo português oferece incentivos para a compra de veículos elétricos bem como benefícios fiscais. Para compra, os valores dependem da tipologia do veículo; referente à desoneração fiscal, isenção do Imposto sobre Veículos (ISV) e isenção, ou redução, do Imposto Único de Circulação (IUC) dependendo do uso (particular ou comercial). Em [23] os aspectos principais podem ser consultados.

## 2.5. TARIFÁRIOS PARA VES

O carregamento de EVs envolve custos associados que são, majoritariamente, determinados pelos tarifários aplicados; estes se aplicam tanto para casa ou posto de carregamento externo. Para casa, e o usuário dispondo de wallbox, utiliza-se o seu tarifário habitual para verificar o melhor horário e assim proceder o carregamento; contudo, diante do custo de energia de alguns países e a finalidade de fomentar a adoção dos veículos elétricos, planos específicos para determinados horários são ofertados com descontos que se somam a outros benefícios; geralmente, as ofertas observam os horários de menor procura de energia. Em carregamento externo, há que se verificar o custo de carregamento – associado ao posto – e o tarifário que o usuário utiliza; com o advento dos agregadores de postos, o consumidor tem a possibilidade de centralizar os gastos em uma factura, bastando apenas que este adira a um dos serviços disponíveis. Em adição, os agregadores fornecem aplicações de telemóvel que possibilitam a consulta de disponibilidade e tarifas de cada posto. Apresenta-se um resumo de tarifários de energia elétrica aplicados aos Ves, em alguns países; a saber Portugal (Tabelas 8 e 9) e Espanha (Tabelas 10 e 11).

### 2.5.1 Tarifários para VEs – Portugal

Em Portugal há tarifários residenciais destinados à mobilidade elétrica e tarifários para carregamento externo; em virtude da criação da rede Mobi.E, os serviços destinados aos postos de carregamento público – operados por OPCs - são ofertados pelos CEMEs (Comercializador de energia de mobilidade elétrica). O ente postulante a ofertar os serviços de comercialização de energia para mobilidade elétrica necessita de registro e autorização e deve solicitar a entidade reguladora [24]; quando a comercializadora de tarifários para casa também é um CEME, existe a possibilidade de combinação de tarifário em um serviço (plano mobilidade elétrica da EDP [25]). Esta característica confere amplas combinações podendo, o consumidor, celebrar contratos com entes diferentes, ou não, de acordo com seus objetivos. A tabela 8 mostra os tarifários residenciais para mobilidade elétrica encontrados em Portugal.

Tabela 8 - Tarifários residenciais mobilidade elétrica: Portugal [26].

Empresa	Plano	Descrição
Alfa	Alfa Move Vazio - € 0,1546/kWh Fora Vazio - € 0,1980/kWh	Cliente mobilidade eVaz pode aderir ao tarifário; este com desconto no período vazio no carregamento externo.
EDP	Mobilidade Elétrica Verde Vazio - € 0,0832/kWh Fora Vazio - € 0,1799/kWh	Desconto no período vazio e desconto em <i>wallbox</i> .
GALP	Casa E e-Mobilidade	Desconto de 20% na eletricidade em vazio. Independe do tarifário residencial, desde que em conjunto com Galpeletric.

Os tarifários que ofertam desconto no carregamento residencial estão, todos, atrelados à adesão de planos de carregamento externo. Apenas duas empresas atuam como CEME e comercializadores residenciais/comerciais. Todos os planos ofertam desconto nos horários que compreendem o período vazio – quando a demanda por energia elétrica é menor. Apenas EDP fornece desconto na aquisição e aluguer de wallbox.

Atualmente, diversos CEMEs operam em Portugal continental e região autónoma; estes oferecem valores diferenciados baseados em tarifa bi-horária: período vazio e fora de vazio. Ao aderir a um tarifário, seja este qual for, o usuário poderá carregar o seu veículo em qualquer dos postos da rede Mobi.e. Para acesso aos postos de rede privada, é necessário aderir a um agregador que opere em Portugal – a exemplo, Chargemap, Electromaps, etc. – ou um operador próprio, conforme o veículo - a exemplo, TESLA. A tabela 9 mostra os CEMEs em operação.

Tabela 9 - Comercializadores para carregamento externo: Portugal [27].

Tipo	Empresa
CEME	Bluecharge Digital Charging Solutions Ecochoice EDP Comercial E Vaz EV Power EVCE Power Evio Factor Energia Galp High Green Power Iberdrola JH Ornelas Luz i Gás MEO Energia Miiio Mobiletric MobiSmart Prio Repsol
Agregador	Chargemap ChargePoint Electromaps
Próprio	Ionity Tesla

Há CEMEs que também ofertam planos residenciais mas, exceto os citados na tabela 9, nenhum deles possui plano voltado à mobilidade – seja para diferenciação de tarifação em período vazio ou desconto em wallbox. O acesso aos postos se dá por aplicação (App) de telemóvel ou cartão magnético; os agregadores e operadores próprios utilizam apenas App. Assim como ocorre com as empresas que fornecem planos às estruturas físicas, o serviço é regulado apenas em caráter económico. Os tarifários em período vazio são os mais baratos. Referente aos CEMEs apenas Digital Charging Solutions ( DCS ) oferece e-roaming [28]; aderindo ao tarifário, tem-se acesso a uma infraestrutura com mais de 120 000 postos, dispostos em 28 mercados diferentes. A DCS fornece dois tarifários (city e transit) destinados a dois tipos de perfil de utilizadores; o usuário paga um preço base mensal e o consumo; quando este se encontra em e-roaming paga o preço do tarifário escolhido aplicado no país de utilização.

#### 2.5.2 Tarifários para VEs – Espanha

Participante, assim como Portugal, do MIBEL (Mercado Ibérico da Energia Elétrica) [29] a Espanha possui mercado liberalizado com ampla concorrência: isso implica em diversos comercializadores, em ambiente competitivo, comprando e vendendo energia para os consumidores. Este acordo permite que empresas atuem mutuamente em Portugal e Espanha, mas pratiquem preços diferentes pois a precificação depende da oferta de energia de cada país. Nos tarifários, há diferenciação horária, o que amplia as possibilidades de programar de forma otimizada o uso, especialmente, o carregamento de VE que se observa em vantagem por possuir tarifários direcionados aos horários de vazio e com bonificação para utilização nestes horários. A tabela 10 apresenta os tarifários residenciais espanhóis destinados à mobilidade elétrica [30][31].

Tabela 10 - Tarifários residenciais mobilidade elétrica: Espanha.

<b>Empresa</b>	<b>Plano</b>	<b>Descrição</b>
EDP	Tarifa vehiculo electrico Opção 1 - 0,066 €/kWh Opção 2 - 0,084 €/kWh (período vazio 00h às 08h)	É necessário contratar carregador EDP.
ENDESA	Tempo Verde Supervalle 2.0 DHS - 2.1 DHS 0,0862 €/kWh - 0,0875 €/kWh (período super vazio 01h às 07h)	Energia de fontes renováveis
IBERDROLA	Plan Vehículo Eléctrico 2.0 DHS - 2.1 DHS 0,0300 €/kWh - 0,0298 €/kWh (período super vazio 01h às 07h)	Plano não possui atribuição à mobilidade elétrica
NATURGY	Tri-Horaria Luz 2.0DHS 0,0896 €/kWh (período super vazio 01h às 07h)	Plano não possui atribuição à mobilidade elétrica
REPSOL	Tarifa coche eléctrico 2.0 DHS 0,1831 €/kWh (período super vazio 01h às 07h)	Plano não possui atribuição à mobilidade elétrica

Os tarifários 2.0DHS e 2.1DHS referem-se à potência contratada, respectivamente, até 10kW e 10-15kW. Os planos de Iberdrola e Naturgy são direcionados comercialmente, mas não possuem condições atreladas à mobilidade (e.g. aquisição ou aluguer de *wallbox* ou carregamento externo); apenas EDP requer uma adesão combinada com carregador para si. O Ministério de transportes, mobilidade e agenda urbana é entidade de mobilidade espanhola e possui uma seção que atua de forma semelhante a MOBI.E: certifica os operadores de postos e atua na regulação técnica da infraestrutura; a gestão das comercializadoras fica a cargo das Regiões Autónomas – subdivisões dos mercados de energia em Espanha. O acesso aos postos é feito através de aplicativos específicos que os comercializadores oferecem e por meio de serviços de agregadores – como ocorre em Portugal; eses comercializadores são mostrados na tabela 11.

Tabela 11 - Comercializadores para carregamento externo: Espanha.

<b>Tipo</b>	<b>Empresa</b>	
Comercializador	EDP Comercial Endesa	Galp Iberdrola Repsol
Agregador	Chargemap ChargePoint Digital Charging Solutions Electromaps	
Próprio	Ionomy	
	Tesla	

Assim como em Portugal, há comercializadores que ofertam planos para casa e carregamento externo; EDP e Repsol aplicam tarifários de cota mensal que conferem uma quantidade de kWh ao mês – os pacotes de energia excedidos são pagos a parte em factura[32]. O agregador Electromaps é o principal serviço em Espanha. O roaming é fomentado pelos agregadores com destaque a DCS que também opera em Espanha e aplica os tarifários presentes [28].

#### 2.5.4 Wallbox: carregamento individual ou coletivo.

Os carregadores *wallbox* permitem a adaptabilidade aos modelos existentes de tomadas e a oferta de velocidades mais elevadas de carregamento, dependendo do tipo de instalação elétrica. Atualmente há fabricantes em diversos países e estes utilizam protocolos comuns de comunicação que possibilitam maior integração entre os serviços e os automóveis elétricos. No que tange os aspectos comerciais, em alguns países como Alemanha, não há planos tarifários domésticos que permitam o aluguer destes dispositivos apenas a compra por meio de incentivos financeiros dos comercializadores e governos. Em Portugal, por exemplo os tarifários EDP, é possível valer-se de descontos para alugar *wallbox* ou adquirir, inclusive de forma parcelada, uma tomada para o seu EV com ou sem funcionalidades tecnológicas – como gerenciamento e programação do carregamento.



Figura 9 - Wallbox: modelos EDP [25].

Carregadores compatíveis com o *Plug In* EDP são indicados para moradias ou edifícios com estacionamentos em espaço privado; trabalham com tecnologia de carregamento lento, podendo ser instalados em edificações com potência contratada de 4,6 kVA. Este dispositivo é negociado, apenas, em caráter de venda. Dispositivos semelhantes ao *Light Charger* EDP disponibilizam carregamentos mais rápidos e são indicados, também, para moradias ou edifícios com estacionamento em espaço privado. Referente a possibilidade de carregamento em outras velocidades, a edificação precisa para tal, ter potências contratadas acima de 10,35 kVA. Este dispositivo é vendido em parcelas e os custos incluem a instalação. Consoante a preço, excluindo o modelo *Plug in* pois pertence a uma categoria diferente, o custo médio de aquisição de um *wallbox* EDP é 1.179 euros; este valor é observado em outros países mas, diante do custo relativo ao salário médio anual Português evidencia-se um comprometimento maior deste e, conseqüentemente, investimento menos vantajoso do que em países como Alemanha e Noruega.

# 3. METODOLOGIA

Este capítulo descreve o problema da comercialização de energia para EVs e carregamento ao nível da rede elétrica, sendo proposta uma metodologia de análise multivariada – observando aspectos quantitativos e qualitativos - para estabelecer os custos para o usuário ao carregar seu veículo elétrico. Quatro mercados – com diferentes matrizes energéticas e perfis de tarifação – serão analisados considerando perfis de condução e carregamento.

### **3.1. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA**

A utilização de veículos elétricos adicionará à rede elétrica, cada vez mais, cargas não previstas pois a parcela de energia em transportes era suprida por veículos à combustão interna; como visto, as políticas de incentivo e legislações tem acelerado esse processo o que implica em um ponto de constrangimento ao facto de que há um transiente entre os novos usuários e os seus perfis de utilização. Estudos que permeiam os perfis e a proposição de ações para um melhor ajuste entre perfil de utilização e a rede elétrica são impreteríveis; ademais, e igualmente importante, o impacto dos tarifários – tanto no custo quanto no fomento de boas práticas de carregamento – deve ser ponto de atenção: ao passo que os mercados liberalizados dispõe de diversos tarifários, carece o usuário, muitas vezes, de mecanismos para aferir o melhor custo e conveniência ao carregamento[33].

A análise da estrutura de comercialização de energia elétrica refere-se a um sistema multi-agente. Os motoristas de VEs desejam eficiência econômica e conveniência para carregar e transitar; dessa forma, os operadores de sistema podem definir tarifas horárias específicas para os VEs, a fim de transferir a carga destes para as horas com perfil de carga favorável e evitando, assim, problemas de fornecimento nas redes de média e baixa tensão. Em paralelo, os comercializadores, com vistas ao custo de compra de energia, intentam direcionar a oferta aos horários com menor custo. Os mercados liberalizados possuem diferentes tarifas que permeiam as tarifas simples – onde há um único valor por cada kWh ao longo do dia – e tarifas horárias – onde há distinção de valor por cada período específico. Contudo, diante do cenário de recorrência das energias renováveis, os tarifários tendem a oscilar significativamente ao longo do dia, em intervalos de hora, o que incentiva o uso de tarifas horárias [6] [7].

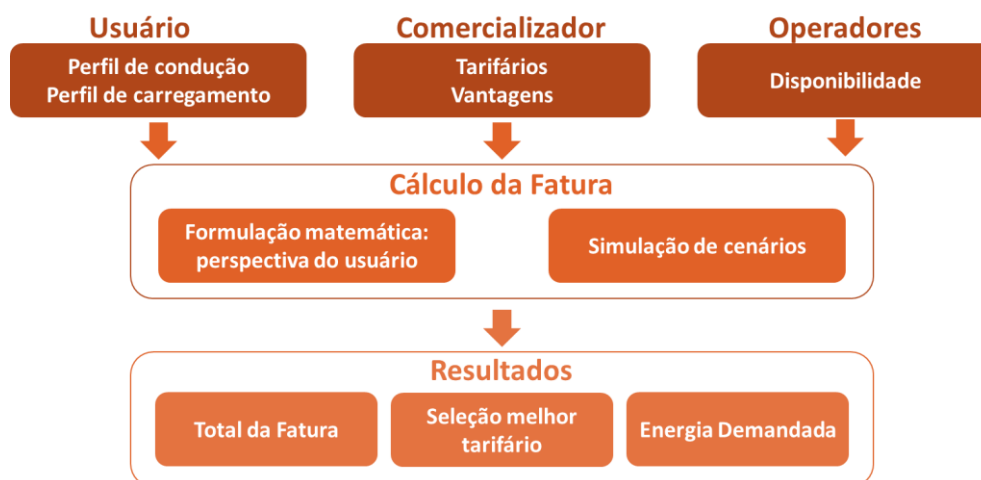


Figura 10 – Estudo do problema.

Objetiva-se nesta seção estabelecer os perfis de condução e os padrões de carregamento dos VEs; os tipos de tarifários escolhidos para a análise são detalhados pois a composição destes e os dois primeiros aspectos serão a base para a modelização do custo da fatura. A Figura 10 apresenta o fluxo de ideias, as entradas necessárias para a modelagem do problema de comercialização de energia e carregamento dos EVs e as saídas que formarão o escopo da avaliação dos resultados; o ponto de vista analisado refere-se aos proprietários dos VEs que pretendem minimizar os custos de carregamento num horizonte mensal. No que tange os perfis de condução estão os de uso quotidiano e esporádico e preferências entre carregamento externo ou particular. Todos os cenários possíveis, considerando a base de dados em análise, serão simulados e, assim, se utilizará de um extenso grupo de resultados; para além disso, considerando os dados do usuário, o melhor perfil de carregamento é indicado através de método numérico.

### 3.2. METODOLOGIA PROPOSTA

Esta seção apresenta um modelo de simulação para a comercialização de energia e carregamento de VEs; este considerando diferentes tarifas (horárias e fixas), além de comercializadores residenciais e de carregamento externo. O modelo considera os aspectos de utilização e carregamento, associando estes às tarifas disponíveis no mercado.

### 3.2.1 Comercialização de energia – o usuário

O problema envolve a minimização dos custos de carregamento, ao mês, considerando a ótica dos proprietários de VEs; a função objetivo (1) possui subdivisão em parcela residencial e externa. Equações (2) e (3) representam as restrições do problema e assume-se que todas as variáveis são positivas.

$$\min \sum_{t=1}^T \sum_{q=1}^Q [(E_{Hc}H_{Ct(t)} + H_{Ft(t)}N_d)X_{H(t)} + (E_{CPC}CP_{Ct(q)} + CP_{Ft(q)}N_{CP})X_{CP(q)}] \quad \forall t \in T; \forall q \in Q \quad (1)$$

$$E_{Hc} + E_{CPC} = U_{p(k)}CM_{ev}30 \quad \forall k \in K \quad (2)$$

$$C_{Sh(n)} + C_{Sopc(n)} = 1 \quad \forall n \in N \quad (3)$$

$$\sum_T X_{H(t)} = 1; \sum_Q X_{CP(q)} = 1 \quad \forall t \in T; \forall q \in Q \quad (4)$$

Equação (2) representa a energia consumida em carregamentos externos e a casa deve ser igual a energia necessitada para o mês; essa energia necessitada refere-se ao produto entre perfil do motorista ( $U_{p(k)}$ ), o consumo médio do VE analisado ( $CM_{ev}$ ) à base mensal (30 dias). Equação (3) representa a segunda restrição referente ao total da estratégia de carregamento, a casa e posto de carregamento, que deve ser unitário (ver tabela 13). Ao aceder aos postos externos, o usuário pode ser tarifado em dois aspectos: energia e uso do posto; assim, a primeira parcela ( $CP_{Ct(q)}$ ) refere-se à tarifa de energia carregada e a segunda ( $CP_{Ft(q)}$ ) a de uso – sendo o valor do uso obtido pelo produto entre esta e o número de carregamentos efetuados ( $N_{CP}$ ). O termo ( $N_d$ ) refere-se ao período analisado e acompanha – em operação de produto - a parcela fixa do tarifário ( $H_{Ft(t)}$ ) em análise; este corresponde, em substância, ao termo potência adotado em Portugal e presente em outros países, inclusive, naqueles constantes no estudo de caso. Os multiplicadores  $X_{H(t)}$  e  $X_{CP(q)}$  são as variáveis binárias que habilitam ou desabilitam (1 – habilita; 0 – desabilita) os tarifários considerados no cálculo da função objetivo.

### 3.2.2 Perfil do motorista

A mobilidade elétrica é um dos objetivos principais para o aumento na eficiência energética; sendo a parte técnica em larga escala investigada e trabalhos sendo desenvolvidos é importante que se observe uma parte importante do processo: o motorista. Um perfil de condução mais agressivo tem a probabilidade de despender mais energia quando comparado a um perfil mais seguro e prudente; por certo, estes aspectos são difíceis de quantificar pois dependem de questões de foro particular [34-36], direcionando a pesquisa a um ponto mais estável de análise: a distância percorrida. Assim, propõe-se uma amostra com três tipos de utilização que visam representar a população de motoristas quanto a distância percorrida diária; aqueles de trechos curtos e/ou esporádicos até os de uso frequente e trajetos longos.

Tabela 12 - Perfil de utilização EV.

<b>Perfil de utilização</b>	<b>Indexador</b>	<b>Distância percorrida (km/dia)</b>
Pouco	$U_{p(k)} \quad n = \{1\}$	20
Moderado	$U_{p(k)} \quad n = \{2\}$	50
Elevado	$U_{p(k)} \quad n = \{3\}$	100

Com o advento de novas tecnologias em estações de carregamento – com ganho de velocidade e funções inteligentes – e o aumento na disponibilidade destes equipamentos, os usuários têm o poder de escolher onde desejam carregar: a casa ou em postos de carregamento externo. Esta opção, que pode ser pautada por comodidade ou vantagem financeira, permite ao usuário estabelecer a melhor estratégia e prever os carregamentos que fará a casa ou fora. Com diversas informações e inserido em um ambiente com diversos comercializadores, o usuário pode divergir na melhor opção para si e acabar por fazer escolhas que lhe tragam prejuízo; no intento de simplificar e auxiliar o usuário na tomada de decisão propõe-se cinco estratégias de carregamento.

Tabela 13 - Estratégia de carregamento.

Nível de estratégia	Ponto Particular ( $C_{Sh(n)}$ )	Posto carregamento ( $C_{Sopc(n)}$ )
1	1	0
2	0,7	0,3
3	0,5	0,5
4	0,3	0,7
5	0	1

Os níveis de estratégia permitem ao usuário estabelecer, em qualidade e quantidade, os carregamentos que fará ao longo do mês; estende-se esse entendimento aos tarifários que este possua contrato regular ou aos tarifários que venha a aderir.

A função objetivo apresenta dois termos de energia ( $E_{Hc(n)}$  e  $E_{Cpc(n)}$ ) os quais possuem, em sua composição, o perfil de utilização e a estratégia de carregamento que resultam nos montantes de energia utilizados no cálculo de consumo.

$$E_{Hc} = U_{p(k)} C M_{ev} C_{Sh(n)} N_d \quad \forall n \in \{1, \dots, 5\} \quad (5)$$

$$E_{Cpc} = U_{p(k)} C M_{ev} C_{Sopc(n)} N_d \quad \forall n \in \{1, \dots, 5\} \quad (6)$$

Adicionalmente, verifica-se o número de carregamentos efetuados em postos de carregamento ( $N_{CP(n)}$ ) com vistas ao cálculo do valor de utilização do posto.

$$N_{CP(n)} = \frac{U_{p(k)} C M_{ev} N_d C_{Sopc(n)}}{E_{BatEv} (1 - SOC_{ev})} \quad \forall n \in \{1, \dots, 5\} \quad (7)$$

Este componente depende, conforme às parcelas de energia, ao perfil de utilização e estratégia de carregamento; adicionalmente do consumo médio e do produto capacidade da bateria e estado da carga ( $SOC_{ev}$ ) do veículo utilizado. O estado da carga é um valor mínimo de energia residual mantido na bateria que indica o limiar de uso desta; este valor alterna entre 30% e 10% da capacidade da bateria e está relacionado com o nível de degradação da bateria [37]: baterias mais novas pode-se utilizar um valor menor, o que infere em menos carregamentos; baterias mais degradadas, por questões de segurança, indica-se um percentual mais elevado. Com efeito, utilizar-se-á os percentuais 10%, 20% e 30% de modo a medir o impacto na utilização dos postos de carregamento; por certo que este fator, com a ampliação das tecnologias de armazenamento de energia, tende a reduzir ante o cenário atual.

Uma parcela importante e determinante para o custo total da fatura compreende os impostos associados. Nesta parcela observa-se a influência que as ações governamentais exercem no custo da energia; esta condição pode estar atrelada a características da geração, operação do sistema ou políticas econômicas, por exemplo. Apresenta-se uma oportunidade para a análise qualitativa e quantitativa e exposição do impacto no custo final. As bonificações por associação de tarifários, quando há acordos comerciais que concedam descontos no primeiro, no segundo ou em ambos não serão explorados.

### 3.2.3 Tarifários VEs e a metodologia

No cenário de mercados liberalizados e com a presença de diversos comercializadores de energia, os tarifários podem ter um ou mais preços diferenciados ao longo do dia; em grandes instalações com potência instalada elevada, estes preços podem chegar a ter três patamares, ao longo do dia [38]. Em contrapartida, alguns países adotam modelo de tarifação fixa; tais tarifas permanecem inalteradas durante o prazo do contrato. Algumas tarifas possuem maior oscilação e estão atreladas à dinâmica dos mercados de curto prazo. Todas estas tarifas possuem diversos fatores que se combinam e formam a parcela final: uso das redes elétricas, custos de operação e confiabilidade, etc. As tarifas podem ser alteradas durante o ano, mas esta ação é regulada pelas entidades estabelecidas de cada país; com a alta penetração das fontes renováveis em atendimento aos objetivos estabelecidos pelos acordos climáticos, os preços poderão ter parcelas de incerteza que oscilaram e formaram uma oferta diferenciada – inclusive considerando a possibilidade de valores negativos [39].

Esta metodologia propõe a utilização dos tarifários correntes e ofertados pelos países indicados no capítulo 4; a proposta é averiguar diferentes mercados, matrizes energéticas e estruturas tarifárias de modo a quantizar o custo de energia para carregar um automóvel e discriminar os diferentes pesos de cada parcela.

### 3.2.4 Parâmetros socioeconômicos

Os governos implementam políticas que afetam questões na dinâmica social; assim como no aspecto micro, macroeconomicamente os países possuem diferenças de renda e esta, por sua vez, influencia nas novas políticas econômicas e sociais. Dessa forma, limitar a análise, apenas, ao total da fatura acarreta em uma análise reducionista que não retrata de

forma integral a questão no país analisado; isto posto, é necessário trazer a uma base comum que tornará plausível as análises que advierem dos resultados obtidos. Em alguns países, como o Brasil, o critério usado é a cesta básica que se refere a soma dos preços dos itens alimentícios essenciais à população; em países da União Europeia, o critério usado é o salário médio. Esta metodologia, no que tange as análises advindas das simulações, baseia-se no salário médio das nações; esta escolha é consoante a origem dos países utilizados na análise. A escolha dos países obedece a critérios técnicos e econômicos; assim, países com diferenças consideráveis de *gross domestic product* (produto interno bruto - GDP) serão escolhidos pois, no âmbito análise do *GDP per capita*, obtêm-se um indicativo do padrão de vida dos países [40].

A aplicação da metodologia decorre em quatro etapas: Relação dos dados de entrada; Operações matemáticas para estimar as parcelas de energia – a casa e posto de carregamento – e número de carregamentos em estações de carregamento (este último se aplicável); Aplicação da função objetivo e ponderação dos resultados com base nos aspectos econômicos. A figura 11 apresenta o fluxograma com o processo completo de aplicação da MAECII.

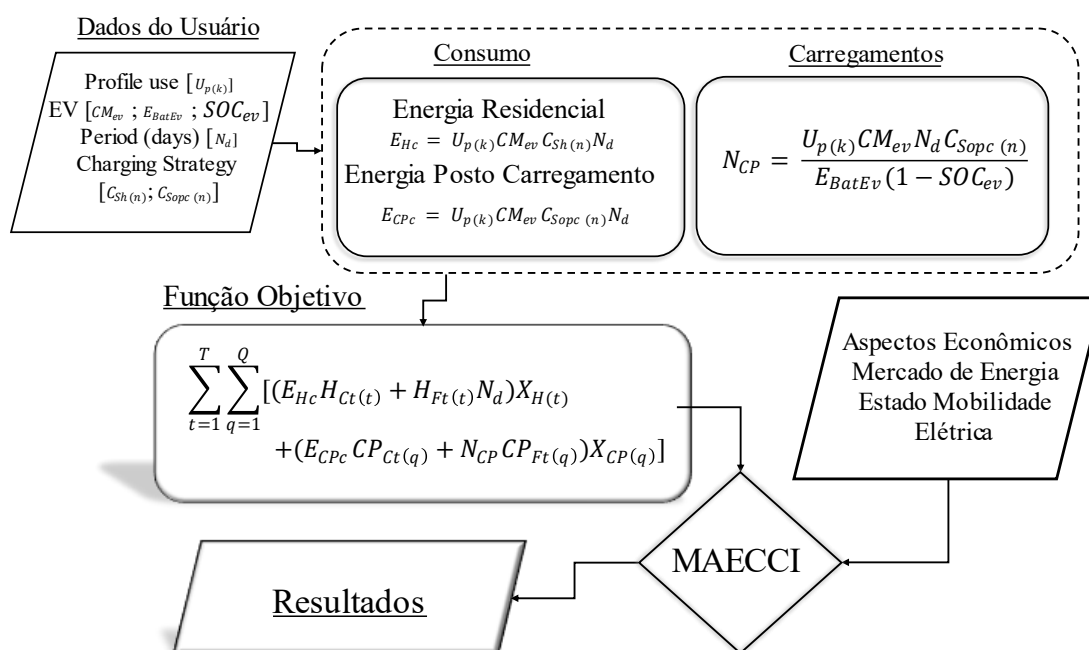


Figura 11 - Fluxograma MAECII.

## 4. CASO DE ESTUDO

Esta dissertação apresenta como caso de estudo a comercialização de energia elétrica e carregamento em Alemanha, Espanha, Noruega e Portugal; optou-se por estes países pois a associação destes atende aos critérios estabelecidos na metodologia, a saber: mercado de energia, matriz energética diversa e GDP diversos; adicionalmente, facilidade na obtenção e validação dos dados. Para compreender os países utilizados no processo, a primeira seção apresenta a caracterização destes (indicadores das metas de NPF, aspectos econômicos e energéticos). Os tarifários, *inputs* da função objetivo (1), são apresentados em seguida com as respectivas estruturas tarifárias, taxas e impostos; o veículo utilizado nas simulações é apresentado na terceira subseção. As simulações, com cenários e resultados, são apresentados ao final completando o capítulo; são utilizados dois cenários (A e B) em virtude da diferenciação tarifária por patamar de energia existente em Espanha e Portugal – cenário A é composto pelos tarifários de usuários com 4,6 kVA de potência instalada e o cenário B destina-se aos usuários com 10,35 kVA. Salienta-se que os tarifários alemães e noruegueses são os mesmos pois estes países não apresentam a característica citada. Dois SOC (10% e 30%), considerando o veículo padrão do caso de estudo, são analisados no intento de verificar os impactos no carregamento externo.

Diante do ano atípico que foi 2020, optou-se por realizar duas pesquisas tarifárias em anos distintos, 2020 (12/10/2020) e 2021 (19/07/2021), assim busca-se, adicionalmente, compreender os possíveis reflexos do período de pandemia no tema deste trabalho. As conclusões e análises para o ano de 2020 consideram o salário médio do ano de 2019. As simulações e análises preliminares dos resultados; recorre-se ao Matlab e Excel para simulação e apresentação dos resultados.

## 4.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PAÍSES

Apresenta-se nesta seção, de modo detalhado, os países utilizados neste estudo de caso; aqui são explicitados e condensados os aspectos energéticos e económico-sociais que embasam as conclusões advindas dos resultados deste capítulo.

Portugal possui uma diversificação de matriz energética que compreende diversas fontes de energia – com predominância de fontes renováveis (hídrica, eólica, solar e biomassa). Em 2020, estas foram responsáveis por 67% da produção total; as fontes renováveis representam 73% (14 272 MW) da potência instalada [41] mostrada na figura 12.

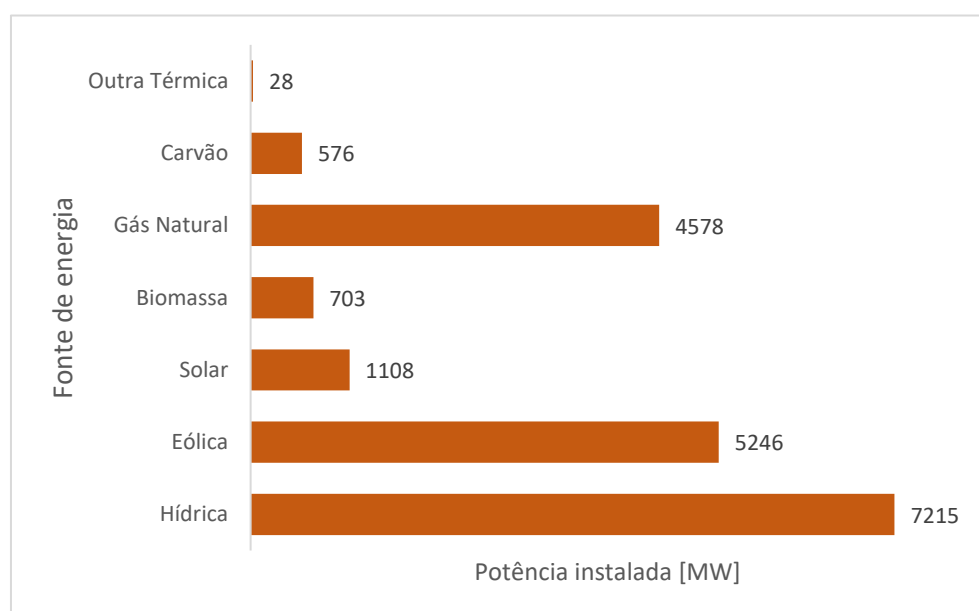


Figura 12 - Potência instalada: Portugal, 2020.

A potência instalada total é de 19 454 MW e, após investimentos na ampliação da matriz energética, Portugal ainda possui uma energia elevada (oitava posição na análise de [42]) em virtude dos investimentos estarem em pagamento e por conta da produção renovável não conseguir suprir a demanda total em diversos horários – este facto acarreta em utilização das fontes térmicas de maior custo de energia. Em determinadas plantas de geração hídrica mantem-se armazenadores para bombagem; estes representam 14% (2 698 MW) da potência total instalada o que confere uma alternativa para diminuição das fontes mais custosas. Esta água armazenada é bombeada para o reservatório principal da planta quando há superprodução eólica.

Com 111 681 MW de potência instalada – sendo 60% da geração atribuída às fontes renováveis – a Espanha apresenta uma matriz energética bastante diversificada. Assim como Portugal, apresenta maior consumo na sua região continental, denominada peninsular, bem como alocação das plantas de geração; a figura 13 mostra a potência instalada [43].

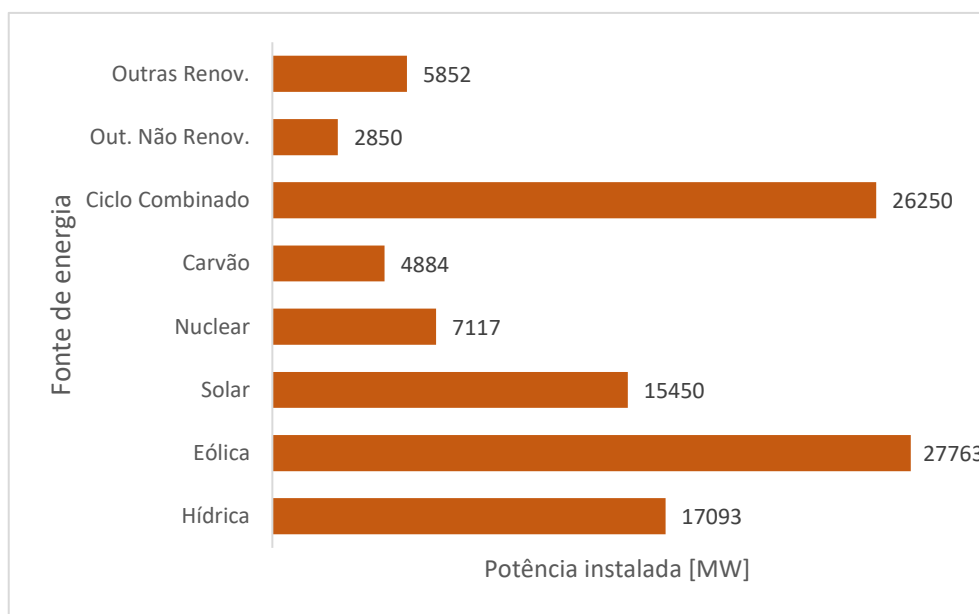


Figura 13 - Potência instalada: Espanha, 2020.

O parque gerador de Espanha possui importante presença de energia eólica e dos ciclos combinados (este último pouco observado em Portugal); em contrapartida, a alta na incerteza da geração renovável em Espanha é maior em virtude das amplas plantas eólica e solares; assim necessitam utilizar das fontes térmicas, incluso nuclear, tal facto observado pela presença das gerações renováveis serem responsáveis por, aproximadamente, 50% da geração nacional [44]. A capacidade armazenada em bombagem abarca, apenas, 3% (3 331 MW) da potência instalada.

A pioneira Noruega, por conta de sua geografia, sempre utilizou da geração hídrica como fonte principal; com 16981 usinas hidrelétricas – representando, aproximadamente, 33055 MW de potência instalada – distribuídas por todo território, 88% da energia gerada advém dessas usinas. Nos últimos anos, é notório o investimento em “fazendas eólicas”, ao ponto que se observa a predominância destas na expansão da capacidade instalada (figura 14) [45].

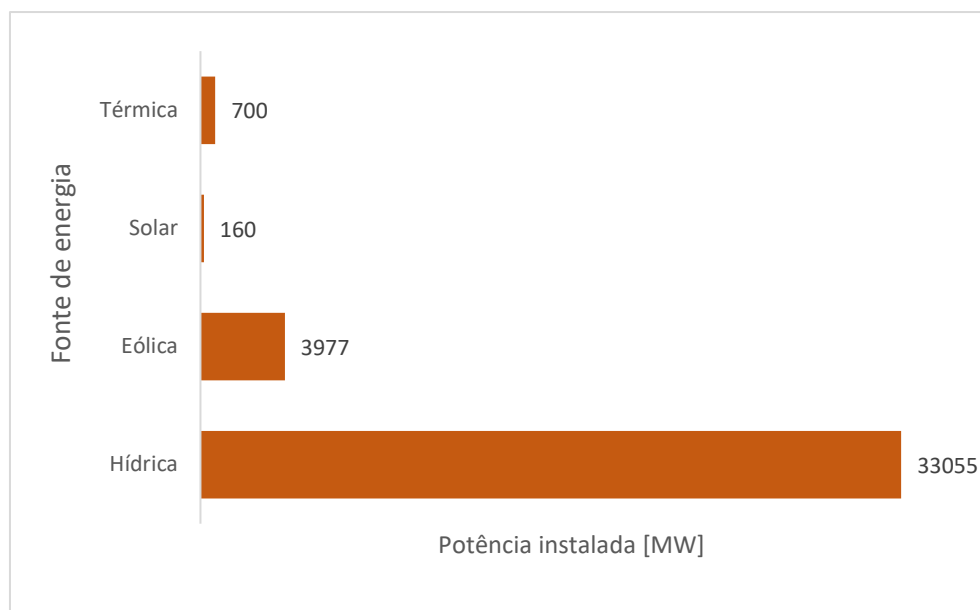


Figura 14 - Potência instalada: Noruega, 2020 [45].

Em virtude de metas audaciosas e planejamento iniciado há anos, os noruegueses atualmente possuem energia térmica não renovável destinada, apenas, para plantas industriais e usos pontuais; a geração solar, também, é caracterizada para uso pontual e aproximadamente 90% (7.000 plantas) possuem potência instalada inferior a 15 kW – provenientes de geração distribuída. Noruega possui grandes reservatórios de água que permitem flexibilizar os usos múltiplos do recurso; assim, a operação é direcionada para a estabilização do preço em consonância à segurança do abastecimento – este último com severa atenção visando evitar o ocorrido em 2002 quando o influxo de água nos reservatórios foi insuficiente e gerou uma crise de abastecimento; os nórdicos possuem uma das energias mais baratas do mundo [42].

A diversificação industrial alemã se observa, também, na matriz energética; a elevada variação de fontes compreende empreendimentos, novos e antigos, de carvão à sistemas com gás de esgoto, no atendimento ao fornecimento de energia elétrica ou aquecimento urbano. No âmbito das fontes renováveis, destacam-se a presença da geração solar (51 GW) e eólica (61 GW) [46]. Estas, adicionadas a outras 17 tipologias – dentre elas gás de esgoto e aterros sanitários - compõe os 230 GW de potência instalada; a parcela de geração fóssil vem decaindo desde 2002 e atingiu 36,5% do total gerado em 2020 (figura 15) [47].

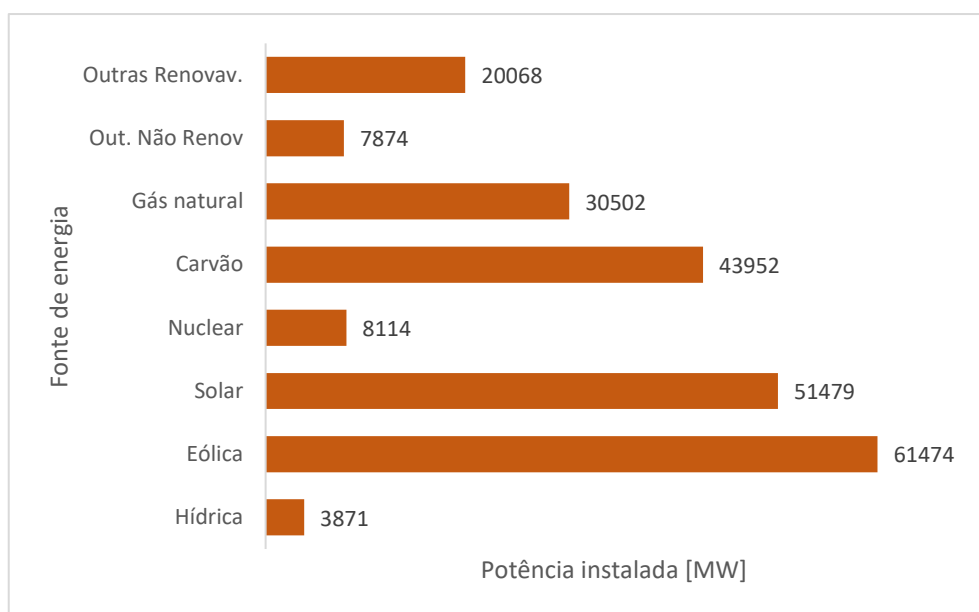


Figura 15 - Potência instalada: Alemanha, 2020 [45].

Se o cenário futuro parece promissor com grande aporte nas energias renováveis, no curto prazo, o panorama não se observa alteração no elevado custo da energia: de acordo com [42] os alemães possuem a energia mais cara, fruto do elevado uso de fontes fósseis durante os períodos de frio – inclusive em aquecimento residencial. Os alemães apostam em fontes de armazenamento de energia; atualmente possuem 278 MW em bancos de bateria, 9,8GW em bombagem e 984 MW em reservatórios de água. Estes são apostas para a segurança da operação e maior flexibilidade para equilíbrio dos preços de mercado.

Até 2020, a matriz de transportes ainda dependia do petróleo para 94% de suas necessidades de energia. Em virtude da ausência de plantas deste recurso, a Europa importa, aproximadamente, 87% do seu petróleo bruto e derivados do exterior; esse montante abarca uma conta de bilhões de euros e custos adicionais ao meio ambiente [48]. Assim, o atendimento às metas propostas em [2] resulta na diminuição do passivo ambiental e independência energética.

Tabela 14 - Infraestrutura de carregamento UE: 2020 [5].

Tipo	Meta (unidades)	Situação (unidades)	Situação [%]
Elétrica	148 591	224 237	150,91
Gás natural (CNG)	3 741	3 642	97,35
Gás natural líquido (LNG)	344	332	96,51
Hidrogênio (H2)	690	124	17,97

As metas para LNG e H2 referem-se ao ano de 2025; considerando o ano de 2020, os postos de LNG possuem o estágio mais adiantado e em vias de concluir a meta com três anos de antecedência. A infraestrutura elétrica segue como a maior, dentre os combustíveis listados na diretiva, e já compreende 224 237 mil postos ( 89% destes, cerca de 199 250 mil, de carregamento normal). No que tange os países deste caso de estudo, cada qual direcionou as políticas de forma individual mas direcionadas a um ou mais fontes de energia.

Tabela 15 - Infraestrutura de carregamento: 2020 [5].

<b>Tipo</b>	<b>Alemanha</b>	<b>Espanha</b>	<b>Noruega</b>	<b>Portugal</b>
Elétrico	103,58%	0%	100%	103,17%
Gás natural (CNG)	89,92%	121,05%	0%	162,50%
Gás natural líquido (LNG)	433,33%	143,18%	0%	90,91%
Hidrogênio	20,75%	15%	0%	0%

Observa-se que todos os países seguem de forma rigorosa os compromissos adotados; salienta-se a capilaridade dos recursos à gás natural evidenciados, também, por usos em veículos direcionados ao trabalho pesado (ônibus, caminhões leves e pesados) pois este é um ponto de constringimento aos veículos elétricos. Os itens que estão com valor 0% referem-se às metas não estabelecidas em políticas formais, contudo e independente disso, os países desenvolveram estas tecnologias e os resultados podem ser observados em [49] mas sem a possibilidade de comparação com *targets* específicos.

O fomento de novas fontes de energia, em adição a expansão de infraestrutura, visa incentivar a adoção de veículos a combustíveis alternativos (AFV); como visto na seção xx os países promovem, por meio de benefícios fiscais e isenções diversas, veículos que utilizam os chamados combustíveis alternativos (energia elétrica, gás natural, gás liquefeito de petróleo, hidrogênio e biocombustíveis).

Tabela 16 – Unidades de veículos M1 AFV e VEs: 2020 [2].

<b>País</b>	<b>Total M1</b>	<b>VEs</b>	<b>VEs/Total M1</b>	<b>AFVs</b>	<b>AFVs por Total M1</b>
Alemanha	47 095 784	595 176	1,3%	1 038 467	2,2%
Espanha	24 074 216	88 538	0,4%	163 167	0,7%
Noruega	2 700 000	453 960	16,8%	454 381	16,8%
Portugal	5 015 057	64 592	1,3%	120 391	2,4%

Passados seis anos de [2], a amplitude de veículos de passeio elétricos mostra-se, dentre os alternativos, a preferência; em Noruega observa-se, praticamente, a totalidade dos

alternativos composta por elétricos; nos demais, os elétricos também são maioria porém em percentuais inferiores ao montante norueguês. Ainda que o share de AFVs esteja aumentando [50], é considerável a diferença entre os convencionais a gasolina e diesel refletindo um amplo horizonte para crescimento. Como observado na tabela 16 e verificado em [51] [52], o share de mercado, para os combustíveis gás natural e liquefeito de petróleo são maiores entre os veículos de trabalho pesado (N2-N3 e M2-M3).

A comunidade europeia é composta por estados que aplicam diferentes políticas governamentais: seja no campo econômico, social, energético, ambiental...Esses aspectos produzem uma heterogeneidade social que se reflete em países com indicadores muito difusos – ainda que a comunidade esteja em pleno estado de bem estar social. Estes indicadores são usados para analisar coletivamente os resultados individuais utilizando bases comuns (por exemplo, o salário médio). Assim utilizar-se-á o salário médio para comparação dos valores obtidos nas simulações e indica-se o GDP para embasar a escolha dos países; os valores de cada indicador são mostrados na tabela 17.

Tabela 17 - Dados de caracterização dos países [53] [40].

<b>País</b>	<b>Salário médio 2019</b>	<b>Salário médio 2020</b>	<b>GDP per capita 2019</b>	<b>GDP per capita 2020</b>
Alemanha	€ 4.348,75	€ 4.342,00	€ 41.510,00	€ 40.490,00
Espanha	€ 2.294,75	€ 2.244,50	€ 26.430,00	€ 23.690,00
Noruega	€ 5.200,00	€ 4.875,67	€ 67.730,00	€ 59.180,00
Portugal	€ 1.565,58	€ 1.623,17	€ 20.800,00	€ 19.660,00

O escalonamento, em ordem decrescente, dos países apresenta Noruega, Alemanha, Espanha e Portugal; ressalta-se que, entre o primeiro e o quarto, a disparidade no salário médio e GDP per capita é de, aproximadamente, três vezes – assim cumpre-se o intento proposto em metodologia para a escolha dos países. Em relação ao período de pandemia da COVID-19, Portugal foi o único país que obteve aumento no salário médio, porém todos observaram redução no GDP per capita; os valores de salário médio referem-se ao quociente entre salário médio anual presente em [53] e o número de meses do ano (12).

## 4.2. CARACTERIZAÇÃO DOS TARIFÁRIOS

Esta seção dirige-se ao detalhamento e análise da presença plural de comercializadores em dinâmica competitiva na oferta de melhores preços ao consumidor; estes estendendo-se, também, ao mercado de mobilidade elétrica no que tange as estações de carregamento externo. Os tarifários são dados sensíveis na determinação do custo de energia em mobilidade pago pelo usuário. Dessa forma, é necessário discriminar e validar estes elementos, bem como os componentes associados (como taxas associadas ao transporte de energia e impostos, por exemplo); em complemento, uma ação de isonomia necessária será a seleção de códigos postais (mostrados na tabela 18) que retratem regiões com população e serviços de carregamento semelhantes aos entes analisados.

Tabela 18 - Códigos Postais.

<b>País</b>	<b>Código Postal</b>	<b>Cidade</b>
Alemanha	55116	Mainz
Espanha	33001	Oviedo
Noruega	5003	Bergen
Portugal	4000	Porto

Os códigos presentes na tabela 18 foram utilizados nas pesquisas dos tarifários domiciliares e os serviços de carregamento externo. Específico a tarifa de energia, abarcarão os de tipo fixo e horário. Em Espanha e Portugal, as tarifas base – de nome Termo potência – são divididas em patamares que correspondem à potência demandada da edificação – quanto maior for este indicador, tanto mais será o custo despendido pelo usuário; serão utilizados dois patamares: 4,6 e 10,35 kVA. A opção por estes dois diz respeito à caracterização dos usuários; os consumidores em 4,6 kVA estão conectados à rede em configuração monofásica e atendem à instalação mínima necessária para comportar carregadores em tomada simples (potência de carregamento de 3,7 kW); os consumidores em 10,35 kVA, além de atender às condições mínimas, são o primeiro patamar alimentado em configuração trifásica e comportam tecnologias mais rápidas de carregamento (potência de carregamento até 10 kW). Para Espanha e Portugal, nas tarifas horárias de energia (€/kWh) considera-se o horário de vazio pois os presupostos do carregamento domiciliar, aplicados neste trabalho, são: carregamento no horário mais barato e maior conveniência ao usuário; o primeiro se baseia no conhecimento prévio do usuário neste mecanismo em transferir tarefas domésticas que mais consomem para os horários mais baratos. Os valores

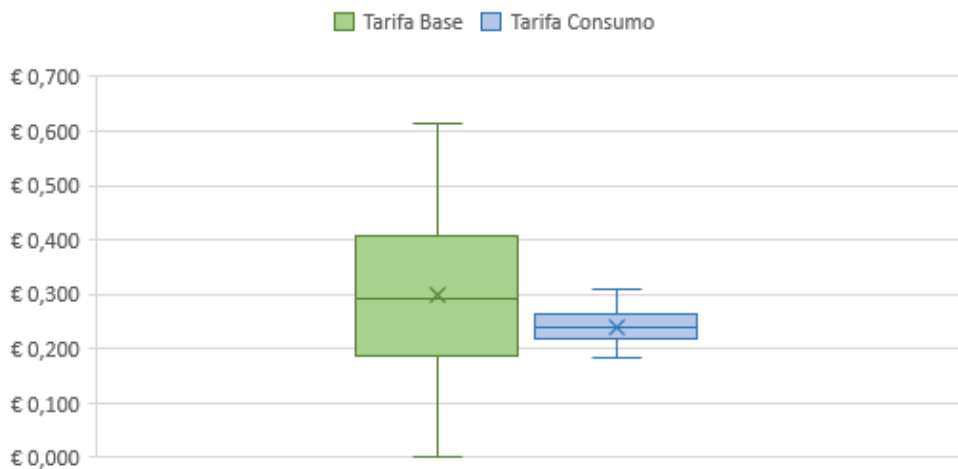
dos tarifários apresentados não tem a inclusão de imposto de valor agregado (IVA), taxas ou bonificações mas apenas o montante estabelecido por cada empresa; os custos de transporte da energia, que são repassados ao cliente, em Noruega são discriminados a título de *grid rent* – nos outros países estão inclusos nas tarifas.

Para os tarifários de carregamento externo do tipo €/minuto, há uma oscilação que depende da velocidade de carregamento do posto e do veículo; para mitigar este efeito, utiliza-se a equação (8):

$$CP_{Ft(q)} = CP'_{Ft(q)} * T2FC_{ev} \quad \forall q \in Q \quad (8)$$

O termo ( $T2FC_{ev}$ ) refere-se ao tempo de recarga do EV para carga completa, considerando conector CHAdeMO: este valor é particular variando conforme o automóvel. Aplicando esta expressão, a tarifa é convertida para uma parcela em euros e o efeito do tempo de carregamento é condicionado ao EV utilizado. Neste caso de estudo, em ambos os cenários, utiliza-se 50 minutos – valor aplicável ao modelo utilizado descrito na seção 4.3.

Em Alemanha, não há tarifários residenciais específicos para carregamento de veículos. Diferentemente do que ocorre em outros países, a Alemanha não apresenta diferenciação horária para tarifários residenciais atrelados a determinados patamares de carga ao longo do dia (como bi-horária e tri-horária em Portugal), com exceção daqueles indexados pelo mercado de curto prazo (*spot market*) com variação horária. A fatura alemã é composta por tarifa de consumo, tarifa base (algo semelhante ao termo potência em Portugal) e os impostos; elementos adicionais, como sobreprodução de renováveis não consumida, taxas de rede, são diluídas nas tarifas base e de consumo. Serão utilizados quarenta (40) tarifários fornecidos por trinta e sete (37) empresas; a análise não-paramétrica destes é apresentada na figura 16.



Tarifa	Mínimo	Média	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo
Base (€/dia)	0,00	0,29	0,25	0,29	0,34	0,61
Consumo (€/kWh)	0,18	0,24	0,23	0,24	0,25	0,31

Figura 16 - Análise não paramétrica de tarifários residenciais: Alemanha, 2020.

As tarifas de consumo possuem uma concentração maior em torno da mediana, o que reflete uma diferença de dois centimos entre o 1º e o 3º quartil; entre as tarifas base, esta diferença aumenta para dez centimos. Decorrente desta volatilidade, a tarifa base indica um carácter mandatório no custo total da fatura. Sobre as tarifas incide o único imposto, o IVA, no percentual de 19%; durante o ano de 2020, o governo alemão reduziu o IVA para 16% - no intento de reduzir os impactos econômicos da pandemia causada pelo SARS-CoV-2 - mas, no corrente ano, retornou ao valor original. Os custos médios associados a rede elétrica resultaram em 0,1546 €/kWh.

A validação dos valores foi efetuada através do cruzamento entre os serviços de comparação de tarifários Check24.de[54] e Verivox [55]; adicionalmente, consultas aos sítios dos fornecedores, no intento de clarificar a composição dos tarifários ofertados, foram efetuados. Salienta-se que o valor médio dos tarifários utilizados neste estudo é ligeiramente inferior (aproximadamente sete centimos) ao demonstrado em Eurostat [56], a base oficial de dados da União Européia.

Os carregamentos externos são ofertados por diversas empresas e compreendem planos com parcela fixa e energia carregada ou, somente, os custos com a energia carregada; se, no segundo caso, o valor oscila proporcionalmente ao consumo, no primeiro, há uma taxa

fixa que garante um montante de energia ao mês independente do consumo. Para as simulações em Alemanha serão utilizados dois serviços agregadores de postos, Chargepoint e Chargemaps, e um de tarifário com parcela fixa, da empresa E.on; o tarifário ofertado por E.on [57] retirou o montante de energia bonificado e desde 2020 efetua ações comerciais em alguns postos cobrando, assim, além de tarifa fixa para ser credenciado, a energia total carregada. Sobre estes incide, apenas, o IVA. A tabela 19 mostra os tarifários para carregamento externo usados no caso de estudo.

Tabela 19 - Tarifários de carregamento externo: Alemanha, 2020.

<b>Planos</b>	<b>Tarifa Consumo (€/kWh)</b>	<b>Tarifa Fixa (€/mês)</b>
<i>ChargePoint 1</i>	0,3017	0,0000
<i>ChargePoint 2</i>	0,2672	0,0000
<i>Chargemaps 1</i>	0,2871	0,0000
<i>Chargemaps 2</i>	0,6362	0,0000
<i>E.on Drive Easy</i>	0,2931	4,9500

Ao aderir a um serviço de agregador, como os quatro primeiros, obtêm-se acesso a uma ampla rede de postos, inclusive roaming internacional; a opção pelo quinto, limita-se a abrangência ao território alemão. Este ponto não se configura em desvantagem para aquele que não o apresenta, apenas trata-se de uma figura de mérito e deve ser considerado pelo cliente na adoção restando a este estudo se ater ao impacto econômico ao usuário.

Em Espanha, as faturas de energia possuem três partes: termo potência, consumo e impostos. Importante ressaltar que os impostos associados compõem uma fatia significativa da fatura: a destacar o IVA (16%) e impostos elétricos associados ao transporte de energia (5,11%) [58]; ambos os impostos incidem de forma individual e não há sobreposição ou cruzamento entre ambos. Os tarifários apresentam diferenciação horária – considerando o mercado regulado com fixação mensal de tarifas - o que amplia as possibilidades de programação otimizada do uso, especialmente, o carregamento de EV: este que se observa em vantagem por possuir tarifários direcionados aos horários de vazio e com bonificação para utilização nestes horários [59]. Serão utilizados cinquenta e quatro (54) tarifários fornecidos por oito (8) empresas; os tarifários específicos para VEs fazem parte deste grupo e estão presentes na figura 17.

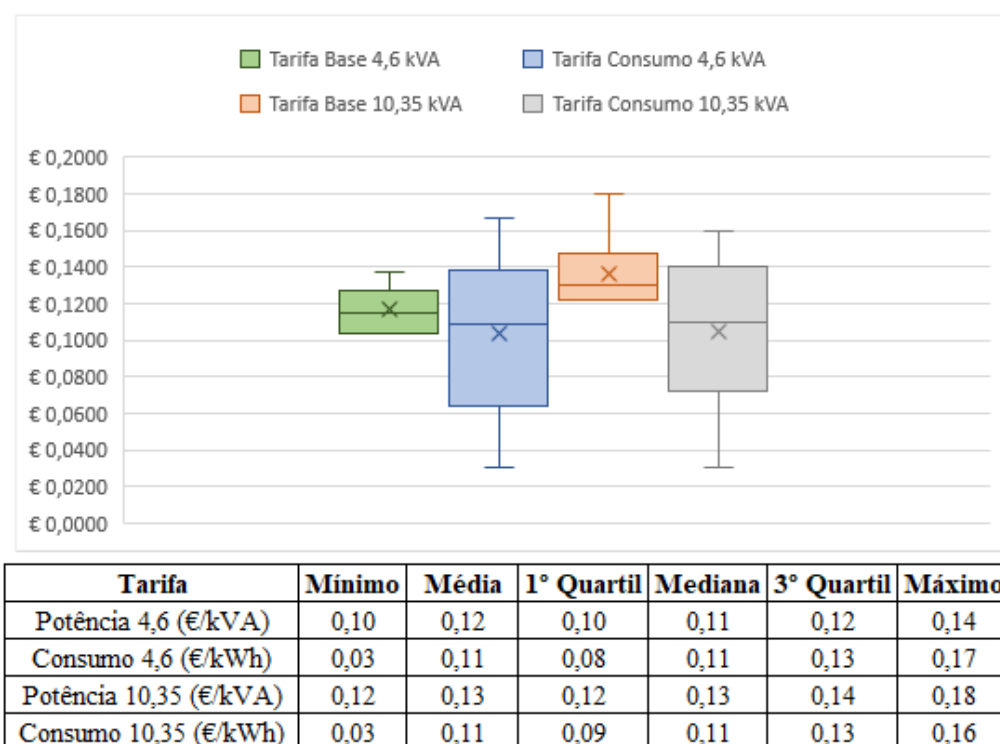


Figura 17 - Análise não paramétrica de tarifários: Espanha, 2020.

As tarifas base apresentam assimetria inferior, reflexo da maior concentração dos tarifários no 1º e 2º quartil (mediana); no que tange os valores máximos, a maior diferença entre o 3º quartil e o máximo é observada naqueles de 10,35 (0,043 €/kVA). As tarifas de consumo apresentam maior simetria em torno da média – esta que possui magnitude inferior à mediana – e apresentam valores similares por toda distribuição; a maior tarifa de consumo é encontrada na classe 4,6 (0,167 €/kWh). Há maior volatilidade nas tarifas de consumo indicando um aspecto mandatório no montante total da fatura: o usuário está mais suscetível a uma escolha menos vantajosa. A conferência dos valores foi efetuada através do cruzamento entre os serviços Comparadorluz[60] e os sítios das empresas ofertantes dos serviços; os valores acompanham a evolução dos preços presentes em [56] e estão abaixo da média encontrada para o ano analisado.

O UVE dispõe de diversas opções para carregar o seu veículo elétrico; há de tarifários com parcela fixa e energia carregada ou, somente, aqueles que abarcam os custos com a energia carregada; os tarifários que ofertam tarifa fixa bonificam o usuário com uma quantidade de energia a carregar ao mês – extrapolando esta quantidade, paga-se proporcional ao consumo de acordo com as tarifas aplicadas. As simulações em Espanha

utilizam dois serviços agregadores de postos, Electromaps e Chargemaps, e um de tarifário com parcela fixa, da empresa Repsol[61]. Adicionalmente, nos tarifários de carregamento externo, incide IVA de 16%. A tabela 20 mostra os tarifários espanhóis para carregamento externo usados no caso de estudo.

Tabela 20 - Tarifários de carregamento externo: Espanha, 2020.

<b>Planos</b>	<b>Tarifa Consumo</b> (€/kWh)	<b>Tarifa Fixa</b> (€/mês)
ChargeMaps 1	0,3409	0,0000
ChargeMaps 2	0,4329	0,0000
Electromaps 1	0,3123	0,0000
Electrompas 2	0,6145	0,0000
Repsol Movil 100	0,4252	30

O resultado se assemelha ao observado em Alemanha pela opção dos serviços agregadores: maior quantidade e variedade de postos além de possibilidade de roaming internacional. Salienta-se que a tarifa de consumo aplicada ao tarifário Repsol é aplicável após o término da franquia de 100 kWh – referente ao pago mensal fixo de trinta euros; este montante será extrapolado nos perfis de direção 50 e 100 km por dia.

Em Noruega os tarifários não possuem diferenciação horária, nem pacotes direcionados aos veículos elétricos (consoante ao carregamento residencial), mas as modalidades tarifárias permeiam três tipos: fixo, spot price e híbrido. No fixo há estabilidade de preço estabelecida em contrato; no híbrido, as flutuações decorrem no espaço de duas semanas; no spot price, as alterações são dinâmicas e alteram-se diariamente. Por haver equilíbrio de geração (fontes de energia primária) e mais de 300 geradores no mercado é possível obter preços muito baixos – vide a energia norueguesa ser uma das mais baixas [42] – ainda que o IVA seja de 25%; não há outros impostos associados à energia mas o custo de grid rent (do inglês, aluguel da rede) é desassociado do tarifário de energia. Serão utilizados 40 tarifários fornecidos por 21 empresas. A figura 18 mostra a análise efetuada para os tarifários noruegueses utilizados no caso de estudo.

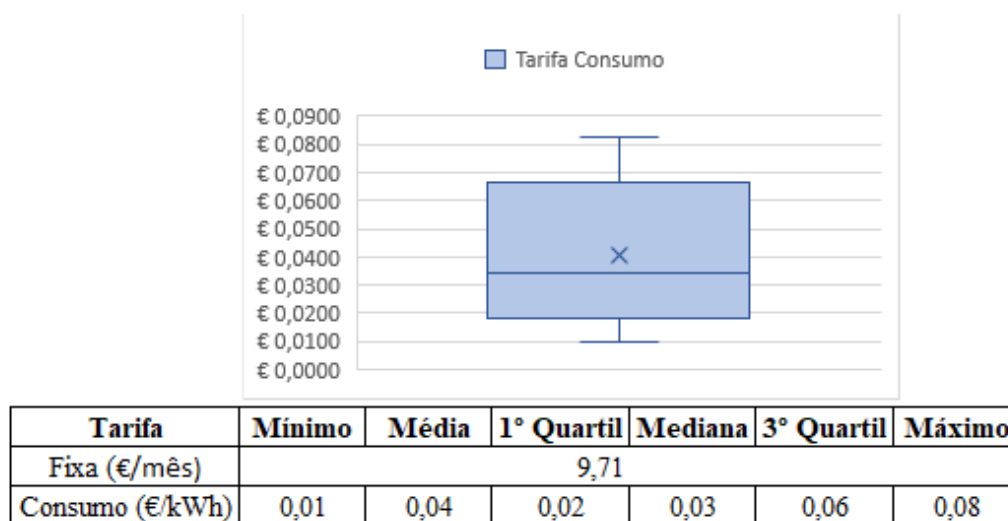


Figura 18 - Análise não paramétrica de tarifários: Noruega, 2020.

É comum a todos os tarifários uma parcela fixa cobrada de modo uniforme; assim a diferenciação entre os tarifários é observada na parcela referente ao consumo. Alguns tarifários, dependendo da origem do recurso natural, aplicam uma tarifa denominada sobretaxa ou *monthly fee*; esta influencia diretamente no valor pago pois, ao observar cenário positivo na geração, esta tarifa torna-se negativa gerando desconto ao consumidor – em alguns casos a fatura resulta em zero; em cenário negativo para a geração – observando desequilíbrio hidrológico de reservatório, por exemplo – esta assume valores positivos que encarecem a fatura de energia; no período observado, considerando os planos que aplicam esta tarifa o valor oscilou entre 0,98 e 6,13 euros por mês. Os tarifários de consumo apresentam pequena variação entre a mediana e o primeiro quartil; ao comparar mediana e terceiro quartil, observa-se uma concentração maior dos valores abaixo da medida central (0,039 €/kWh) e uma distribuição maior do espaço amostral atingindo 0,061 €/kWh. A conferência dos valores foi efetuada através do cruzamento entre os serviços Strompris[62] e Stromtest[63]; estes foram comparados com a evolução dos preços presentes em [56]. Como os serviços e sítos apresentam os valores em moeda nacional utilizou-se a cotação NOK-Euro para o dia 17/12/2020: 1NOK = 0,103 euros.

A ampla rede de postos nórdica é permeada por diversos provedores de tarifários; não se observa tarifários de empresas que também ofertam tarifários para casa. Assim cabe ao usuário aderir a um dos serviços de agregadores presentes em todo território nórdico; há planos de parcela fixa e energia carregada ou planos que faturam por energia carregada. As

simulações utilizam as tarifas ofertadas por Chargemaps e DCS pois são serviços que estão disponíveis no código postal selecionado. Aos valores apresentados, dos serviços de carregamento externo, aplica-se IVA de 25%. A tabela 21 mostra os tarifários para carregamento externo usados no caso de estudo.

Tabela 21 - Tarifários de carregamento externo: Noruega, 2020.

<b>Planos</b>	<b>Tarifa Consumo</b> (€/kWh)	<b>Tarifa Fixa</b> (€/min)
Chargemaps 1	0,7888	0,0000
Chargemaps 2	0,2664	0,216
Chargemaps 3	0,688	0,0000
DCS	0,3107	0,0000

Os serviços aqui apontados permitem o usuário gozar dos amplos benefícios citados nas seções que tratam dos tarifários de carregamento externo em Alemanha e Espanha pois compreendem um único termo de uso. A tarifa aplicável a DCS não apresenta diferença de valor entre city e transit – como observado em [28] – por isso a indicação de um valor. Todos os planos são variáveis e dependem do montante de energia carregado; apenas Chargemaps 2 possui cobrança por carregamento e por energia carregada.

Portugal, juntamente de Espanha, faz parte do MIBEL e partilha das mesmas características tarifárias (diferenciação horária e componentes tarifários). Como descrito em 2.5.1, há tarifários específicos de mobilidade elétrica e serão incluídos neste caso de estudo. Em comparação aos outros entes deste caso de estudo possui a maior quantidade de impostos e taxas associadas a fatura de energia; a saber: IVA, contribuição audiovisual (CAV), imposto especial de consumo de eletricidade (IEC) e taxa de exploração da Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG). A CAV financia o serviço público de radiodifusão e de televisão; tem um valor fixo mensal de 2,35€ + IVA (6%), considerando o ano de 2020. Alguns clientes, por conta de sua condição financeira especial, tem uma redução no valor, outros clientes encontram-se isentos do pagamento por registarem um consumo anual inferior a 400 kWh ou com atividades exclusivamente agrícolas; salienta-se que os UVEs utilizados estão enquadrados no patamar que arcam com 2,35€ + IVA (6%). O IEC onera o consumidor em 0,001 € por kWh de energia faturado. A taxa DGEG corresponde à utilização e exploração das instalações elétricas; aplica-se um valor fixo de 0,07€ por mês. A todas as parcelas é aplicado IVA de 23%, com excessão do CAV que aplica-se 6%;

infelizmente há cruzamento tributário com a incidência deste sobre os demais impostos e taxas [64]. No ano de 2021 foi criada a tarifa da Entidade Gestora de Mobilidade Elétrica (EGME) [65]; esta é aplicável, e apresenta diferenciação por agente, aos CEMEs, OPCs e DPCs e o seu repasse aos UVEs é facultado a cada agente. Serão utilizados 36 tarifários ofertados por 8 empresas; estes estão dispostos na figura 19.

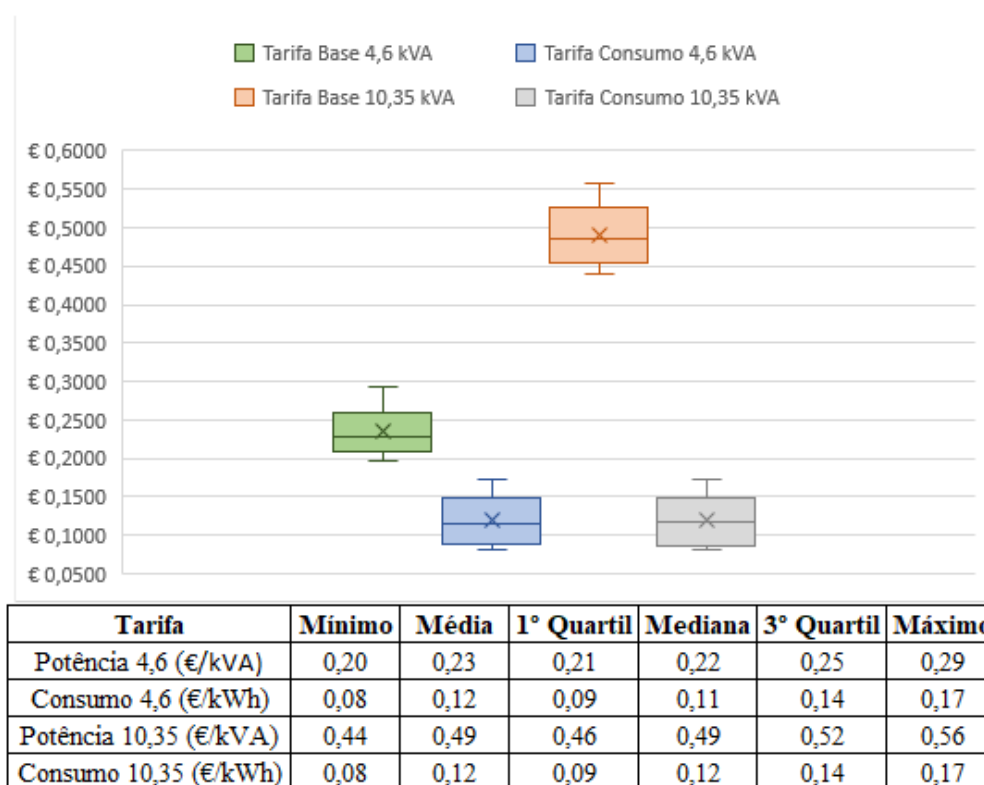


Figura 19 - Análise não paramétrica de tarifários: Portugal, 2020.

Os valores apresentam simetria inferior com correspondência direta entre média e mediana e variação de dois centimos; ao comparar mediana e o terceiro quartil tem-se uma diferença de três centimos. As tarifas de consumo para as duas classes de potência possuem valores similares; isto indica que o termo potência terá maior impacto na fatura residencial e, conseqüentemente, nas configurações que utilizem estratégia de carregamento com parcela residencial mais significativa. A diferença média entre os valores máximo e mínimo é de dez centimos. A conferência dos valores foi efetuada através do cruzamento entre os serviços ERSE [66] e Poupenergia [67] e os sítios das empresas ofertantes.

No âmbito dos carregamentos externos compreendem aqueles de acesso público e os de acesso privado. Estações de acesso privado aplicam-se as condições e os tarifários específicos de cada agente, restando a Mobi.E a regulação técnica destes espaços; no que tange o espaço de acesso público – regulados tecnicamente e economicamente pela EGME - o UVE tem acesso por meio de tarifários adquiridos dos CEMEs. Ao utilizar um cartão Mobi.E o usuário paga a tarifa de energia e a tarifa de utilização do posto; salienta-se que para os CEMEs não há planos que aplicam taxa fixa com garantia mensal de pacotes de energia. Aos valores ofertados pelos comercializadores, na contabilização da fatura de energia, incidem IEC e IVA. Para as simulações serão utilizados oito CEMEs e um posto de carregamento – PRT00001 – operado pela MOBILETRIC. Não serão adotados serviços agregadores pois utilizar-se-á, as diferentes estruturas de carregamento, como instrumento de comparação. A tabela 22 mostra os tarifários para carregamento externo usados no caso de estudo referente a Portugal.

Tabela 22 - Tarifários de carregamento externo: Portugal, 2020.

CEME	Tarifa CEME	Tarifa OPC (MOBILETRIC)
EDP	0,200 €/kWh	0,075 €/kWh
EVAZ MOB	0,223 €/kWh	
EVAZ MOBRES	0,210 €/kWh	
PRIO PCR	0,118 €/kWh	
GALP	0,166 €/kWh	
CHARGE2GO GR	0,152 €/kWh	
CHARGE2GO EGR	0,140 €/kWh	
BLUECHARGE	0,164 €/kWh	

Os comercializadores utilizados não apresentam possibilidade de roaming internacional mas habilitam o usuário a acessar qualquer posto da rede nacional. Atualmente, entre os CEMEs regulares listados em [68] apenas a DCS possibilita roaming internacional nos termos do contrato [28]. As tarifas correspondem ao horário fora vazio pois o pressuposto para o carregamento em horário de vazio refere-se ao carregamento domiciliar.

### 4.3. VEÍCULOS

Transcorridos os anos de impulsão da mobilidade elétrica diversos VEs transitam pelas ruas, com as mais variadas configurações e desempenhos. Adiante do escopo deste trabalho e sendo elemento secundário na determinação do  $T_{eMB}$ , escolher-se-á um veículo como base para a análise de todos os cenários; isto posto, confere-se isonomia aos países analisados e ressalta-se o ponto primazial da metodologia. Será utilizado um Nissan, modelo LEAF, ano de fabricação 2018 (sob o registro SJNFAAZE1U0023458); este EV é comumente encontrado em todos os países da comunidade europeia e os parâmetros foram obtidos da base de dados NRPLA[69] e estão dispostos na tabela 23.

Tabela 23 - Dados Nissan LEAF: 2018.

EV	Consumo Médio (kWh/km)	Bateria (kWh)	Coefficiente Carregamento Rápido (kWh/min)	Tempo de Recarga CHAdeMO (min)
Nissan LEAF	0,20	30	0,6	50

O consumo médio refere-se ao montante de energia gasto para percorrer um quilômetro; este fator será preponderante na determinação do  $(N_{CP(n)})$ . O coeficiente de carregamento rápido (CCR) diz respeito ao quociente entre a capacidade da bateria e o tempo necessário, utilizando carregamento rápido, para realizar uma carga completa; este fator é aplicado aos posto que efetuam a cobrança em euros por minuto: assim converte-se a cobrança para euros por quilowattthora e a diferença entre as tecnologias de carregamento é mitigada.

#### 4.4. COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Esta seção apresenta a comercialização de energia elétrica com base nos dados indicados nas seções 4.2 e 4.3; utilizam-se dois cenários em decorrência da tipologia das instalações elétricas de Portugal e Espanha e adicionam-se as respectivas taxas e impostos de cada país. A fatura total de mobilidade elétrica é determinada pela expressão (9).

$$T_{eMB} = T_{eMH} + T_{eMCP} + T_{eMHTax} + T_{eMCPtax} \quad (9)$$

Os dois primeiros termos da equação (9) referem ao custo total (em euros) da energia privada/doméstica e carregamento externo, respectivamente. Os impostos e taxas, indicados por  $T_{eMHTax}$  e  $T_{eMCPtax}$ , implicam nas importâncias, em euros, de cada carga tributária descrita na seção 4.2;  $T_{eMHTax}$  corresponde aos impostos e taxas para casa e  $T_{eMCPtax}$  para o carregamento externo.

Os cenários apresentam as simulações envolvendo os dados de entrada e as combinações possíveis destes; as simulações são divididas por perfil de uso (20, 50 e 100km) e  $SOC_{ev}$  (10 e 30%). Dessa forma, os cenários A e B apresentam duas subdivisões cada referentes aos dois estados de carga de bateria. A tabela 24 apresenta o resumo dos dados usados em cada cenário.

Tabela 24 - Dados do caso de estudo: 2020.

Cenários	Países	Tarifas Residenciais		Tarifas Estações de Carregamento		
		Fixa (€/dia)	Energia (€/kWh)	Fixa (€/mês)	Energia (€/kWh)	Uso (€/min)
		min-max	min-max	min-max	min-max	min-max
Cenário A $SOC_{ev} = \{10 \text{ e } 30\% \}$ ; $U_{p(k)} = \{20,50 \text{ e } 100\text{km}\}$	Alemanha	0 – 0,614	0,183 – 0,311	0 – 4,95	0,267 – 0,636	0,007 – 0,045
	Espanha 4.6	0,104 – 0,137	0,03 – 0,167	0 - 30	0,312 – 0,614	0 – 0,044
	Noruega	0 – 0,324	0,010 – 0,082	0	0,266 – 0,789	0 – 0,022
	Portugal 4.6	0,196 – 0,292	0,081 – 0,172	0	0,052 – 0,223	0,025 – 0,12
Cenário B $SOC_{ev} = \{10 \text{ e } 30\% \}$ ; $U_{p(k)} = \{20,50 \text{ e } 100\text{km}\}$	Alemanha	0 – 0,614	0,183 – 0,311	0 – 4,95	0,267 – 0,636	0,007 – 0,045
	Espanha 10.35	0,122 – 0,18	0,03 – 0,16	0 - 30	0,312 – 0,614	0 – 0,044
	Noruega	0 – 0,324	0,010 – 0,082	0	0,266 – 0,789	0 – 0,022
	Portugal 10.35	0,441 – 0,558	0,081 – 0,172	0	0,052 – 0,223	0,025 – 0,12

Diante dos dados apresentados foram efetuadas 26340 simulações - 17970 para o cenário A e 8370 para o cenário B; a diferença de simulações por cenário refere-se ao fato das simulações de Noruega e Alemanha não se alterarem, sendo necessário, apenas, simular os

cenários para os tarifários de Portugal e Espanha (referente aos usuários de termo potência 10,35 kVA). Em virtude da diferença entre as quantidades de tarifários ofertados, a quantidade de simulações por país é variável e ocorreu conforme segue:

- Alemanha – 6000 simulações;
- Noruega – 3600 simulações;
- Espanha – 8100 simulações;
- Portugal – 8640 simulações.

A ocorrência dos números das simulações deve-se ao fato dos mercados liberalizados de energia que criam ambientes plurais com amplas possibilidades para combinações. Os resultados e análises pertinentes são apresentados na seção 4.5 no intento de retratar a comercialização de energia elétrica.

#### 4.4.1. RESULTADOS

Os resultados das simulações são difusos considerando as combinações presentes em cada cenário; dessa forma, a apresentação inicia-se pelo cenário A e depois o cenário B. Análises e conclusões referentes ao ano de 2020 tem como base o salário médio do ano anterior, 2019 Na ocorrência de resultados com característica semelhante entre os termos analisados, indicações para extensão das conclusões serão feitas no intento de simplificar a compreensão destes. O compêndio final é realizado na seção 5 com as principais conclusões deste trabalho.

##### 4.5.1 Cenário A 2020

A análise inicia com a apresentação dos valores mínimos obtidos por perfil de uso (figura 20); estes valores foram obtidos pela associação das estratégias de carregamento e os tarifários de energia.

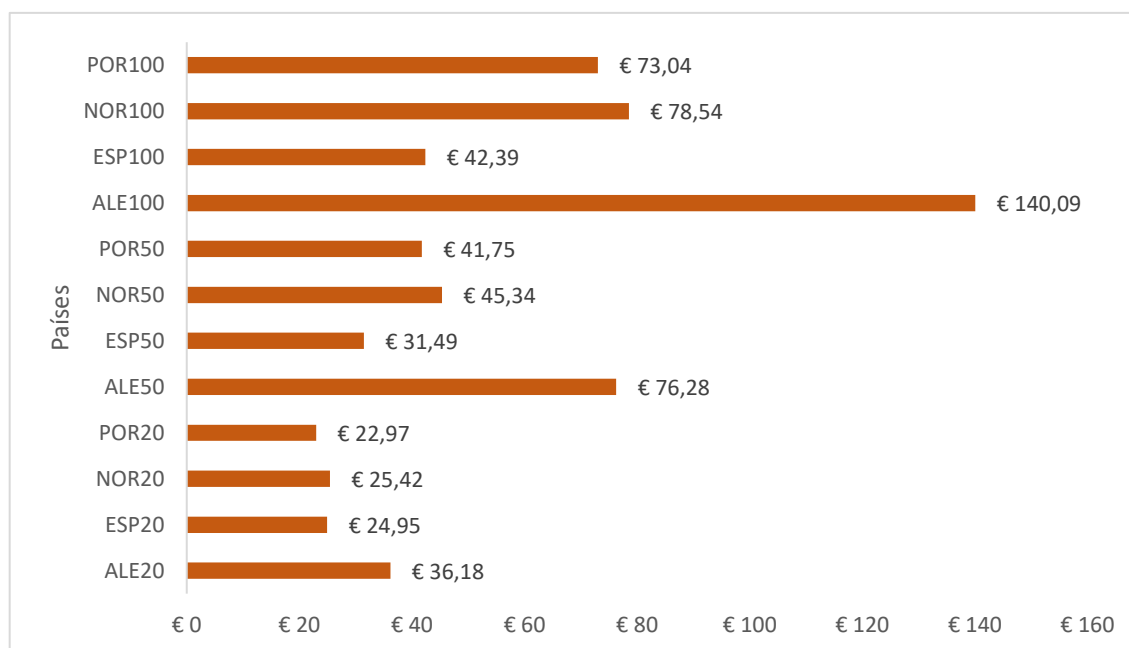


Figura 20 - CenA. Custo mínimo por perfil de uso.

Onde,

ALE20 - IMGR SPARSMR12 CASA; ESP20 - IBERDROLA COCHE <10kW 2.0 DH CASA; NOR20 - AGVA KRAFT 1M CASA; POR20 - ALFA MOVE TRI 4,6 HOME

ALE50 - WW BOM.MIR CASA; ESP50 - IBERDROLA COCHE <10kW 2.0 DH CASA; NOR50 - AGVA KRAFT 1M CASA; POR50 - ALFA MOVE TRI 4,6 HOME

ALE100 - WW BOM.MIR CASA; ESP100 - IBERDROLA COCHE <10kW 2.0 DH CASA; NOR100 - AGVA KRAFT 1M CASA; POR100 - ALFA MOVE TRI 4,6 HOME

Os países são identificados pelas três letras iniciais e o número ao final indica o perfil de uso.

Observa-se que Alemanha apresenta os maiores valores, em absoluto, nos três perfis de uso; nos perfis 50 e 100, Espanha apresenta os menores valores. Conforme indicado em metodologia, este valor deve ser ajustado a um denominador comum, neste caso de estudo, este é o salário médio. A tabela 25 indica que Portugal compromete, em média, 3% do salário com mobilidade elétrica; Espanha compromete 1%, Noruega 1% e Alemanha 2%.

Tabela 25 - CenA. Custo Mobilidade por Salário Médio.

País	Custo Mobilidade Elétrica por Salário Médio			
	20 km/dia	50 km/dia	100 km/dia	Média
Alemanha	1%	2%	3%	2%
Espanha	1%	1%	2%	1%
Noruega	1%	1%	2%	1%
Portugal	1%	3%	5%	3%

O salário médio português é o menor dentre os países analisados e ocupa uma colocação desconfortável conforme [53] dessa forma, ainda que Alemanha apresente valores elevados, os rendimentos são maiores e compensam o alto gasto com energia. Todos os melhores resultados foram atingidos com estratégia de carregamento 1 – carregamento somente em casa. Considerando o custo médio ótimo com mobilidade elétrica (média entre os três perfis de uso), Portugal apresenta um valor de €45,92 enquanto Noruega e Espanha apresentam, respectivamente, €49,77 e €32,96; Alemanha possui o maior valor e o UVE despende €84,19. Compõe o grupo das empresas que ofertam os melhores tarifários, aqueles que oferecem o melhor preço, os seguintes:

Alemanha – Wunderwerk: WW BOM MIR

Espanha – Iberdrola: Coche <10kW

Noruega – Agva: agva kraft

Portugal – Alfa: Alfa Move Trihorário

Observa-se a influência dos tarifários específicos para mobilidade elétrica, e com diferença horária, em Portugal e Espanha, permitindo ao UVE economizar.

A compreensão da comercialização perpassa pelo levantamento da estrutura tributária presente nas operações comerciais que envolvem os pacotes de energia e o impacto destes no custo total com mobilidade elétrica. A figura 21 exhibe os percentuais dos impostos presentes nas faturas a casa e de carregamento externo.

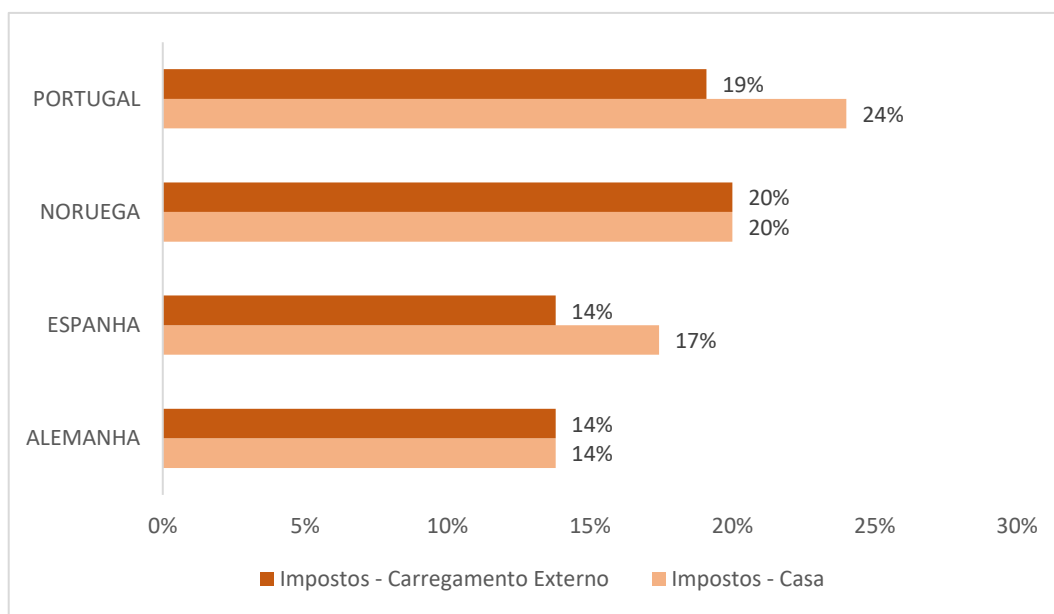


Figura 21 - CenA. Carga tributária por país: 2020.

Alemanha e Noruega possuem simplificação nos tributos, apenas aplicam IVA, e o primeiro possui o menor percentual de impostos em ambas as faturas. Portugal possui a maior carga tributária, em valores proporcionais e diversidade de tributos, que os demais países; contudo, os menores valores de fatura são observados, justamente, nas configurações com carregamento totalmente feito em casa.

A infraestrutura de carregamento dos países analisados é ampla e está dispersa por cada território nacional; ao optar por carregar, exclusivamente, em postos de carregamento, o UVE pode comprometer, em maior ou menor grau, os seus rendimentos caso não observe os aspectos que envolvem o carregamento externo. O custo de energia considerando exclusivamente o carregamento externo é mostrado na tabela 26.

Tabela 26 - CenA. Custo de energia por salário médio: Carregamento externo.

País	Custo Mobilidade Elétrica por Salário Médio			
	20 km/dia	50 km/dia	100 km/dia	Média
Alemanha	1%	2%	4%	2%
Espanha	2%	5%	9%	5%
Noruega	1%	2%	4%	3%
Portugal	2%	5%	10%	6%

Em termos económicos, a infraestrutura de carregamento alemã possibilita a segunda menor despesa (€ 105,40) porém é a que menos impacta nos rendimentos médios – apenas 2%. Em Portugal, mesmo com diversos CEMEs, a opção pela estratégia de carregamento 5 compromete, aproximadamente, 6% dos rendimentos médio portugueses; os consumidores com perfil de uso 100km, em Espanha e Portugal, terão um comprometimento de renda na ordem de 10% - valor que representa o dobro do observado em Alemanha e Noruega.

Considerando a fase de adaptação dos UVE, que realizarão de forma mista as opções de carregamento, observa-se a necessidade de estabelecer as estratégias mistas mais vantajosas economicamente; assim, a tabela 27 apresenta o custo de energia por salário médio consoante às estratégias mistas.

Tabela 27 - CenA. Custo de energia por salário médio: Estratégias mistas.

País	Custo Mobilidade Elétrica por Salário Médio			
	30/70	50/50	70/30	Média
Alemanha	2%	2%	2%	2%
Espanha	5%	4%	3%	4%
Noruega	2%	2%	1%	2%
Portugal	5%	5%	4%	5%

Alemanha, Noruega e Portugal não apresentam diferença entre as estratégias o que implica em facilidade ao usuário em diminuir o seu grau de cuidado com os carregamentos em perfil misto ao longo do período considerado. Espanha apresentou a maior variação entre as estratégias 4 (30/70) e 2 (70/30); como há maior influência dos tarifários residenciais, a estratégia 2 apresenta os menores valores e, conseqüentemente, os menores comprometimentos de receita.

As diferentes tecnologias das baterias - bem como os respectivos processos de degradação - revelam a importância de analisar a influência do SOC no custo de energia

quando o usuário acessa os postos de carregamento que aplicam tarifas ao minuto e por carregamento. As simulações iniciais utilizaram SOC de 10%, valor mínimo indicado pelo fabricante do veículo analisado. Nesta etapa da análise o SOC de 30% é aplicado e as variações são observadas comparando-as com os resultados iniciais; os reflexos económicos da variação do SOC são mostrados na tabela 28.

Tabela 28 - Variação SOC: Cenário A.

<b>Estratégia de Carregamento</b>	<b>Variação SOC</b>
Sem Carreg. Casa {2,3,4,5}	€ 1,78
Carregamento Externo {5}	€ 5,93
50/50 {3}	€ 5,84

Observa-se menor variação nos valores médios quando as parcelas de carregamento possuem parcela majoritária. Ao considerar carregamento exclusivamente externo e estratégia 50/50, há uma maior variação: isto ocorre por influência dos tarifários externos €/minuto pois, ao passo que se considera maior pacote de energia residual na bateria, mais acessos às estações de carregamento serão necessários para se carregar a energia necessária ao mês. Alterando SOC de 10% para 30% observa-se, igualmente, um aumento de 20% na quantidade de carregamentos necessários.

#### 4.5.2 Cenário B 2020

A análise do cenário B começa pela exposição dos valores mínimos obtidos (figura 22), separados por perfil de uso. Os valores são resultado da combinação das estratégias de carregamento e os tarifários de energia.

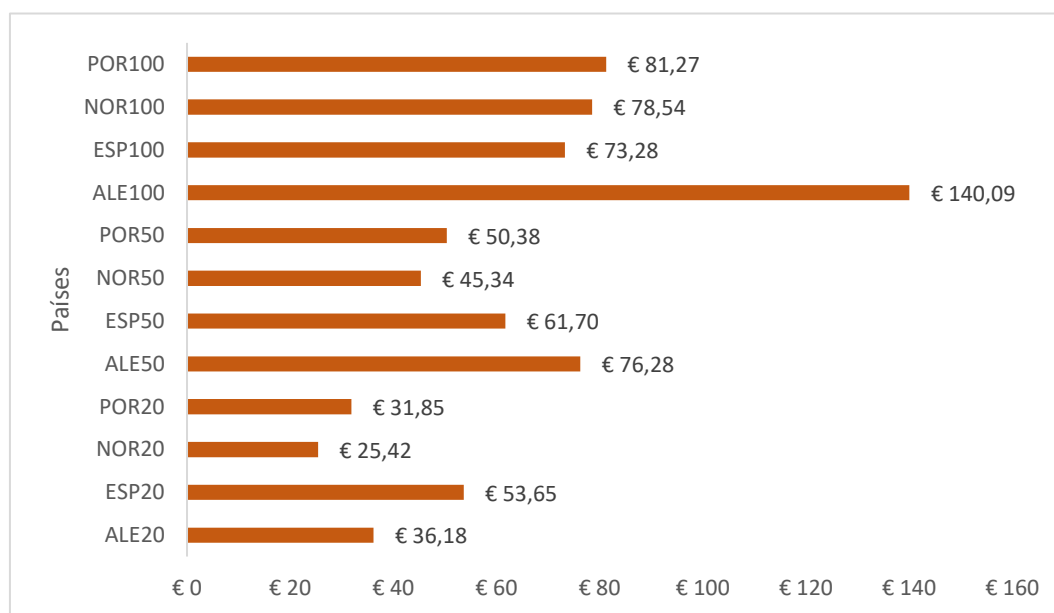


Figura 22 - CenB. Custo mínimo por perfil de uso.

Onde,

ALE20 - IMGR SPARSMPR12 CASA; ESP20 - HOLALUZ SINSORP >10kW DH CASA; NOR20 - AGVA KRAFT 1M CASA; POR20 - ALFA MOVE TRI 10,35 HOME

ALE50 - WW BOM.MIR CASA; ESP50 - EDP >10kW 2.1DH CASA; NOR50 - AGVA KRAFT 1M CASA; POR50 - ALFA MOVE TRI 10,35 HOME;

ALE100 - WW BOM.MIR CASA; ESP100 - IBERDROLA COCHE >10kW 2.1 DH CASA; NOR100 - AGVA KRAFT 1M CASA; POR1000 - ALFA MOVE TRI 10,35 HOME

Os países são identificados pelas três letras iniciais e o número ao final indica o perfil de uso.

Observa-se que Alemanha apresenta os maiores valores, em absoluto, nos perfis de uso 50 e 100; no perfil 20, Espanha apresenta o menor valor. Conforme indicado em metodologia, para trazer os resultados a uma base comum, faz-se necessária a aplicação de uma operação com um denominador comum; para este caso de estudo e cenário, utiliza-se o salário médio. A tabela 29 indica que Portugal compromete, em média, 3% do salário com mobilidade elétrica; Espanha compromete 3%, Noruega 1% e Alemanha 2%.

Tabela 29 - CenB. Custo Mobilidade por Salário Médio.

País	Custo Mobilidade Elétrica por Salário Médio			
	20 km/dia	50 km/dia	100 km/dia	Média
Alemanha	1%	2%	3%	2%
Espanha	2%	3%	3%	3%
Noruega	1%	1%	2%	1%
Portugal	2%	3%	5%	3%

O salário médio português é o menor dentre os países analisados e ocupa uma colocação desconfortável conforme [53] dessa forma, ainda que Alemanha apresente valores elevados, os rendimentos são maiores e compensam o alto gasto com energia. Todos os melhores resultados foram atingidos com estratégia de carregamento 1 – carregamento somente em casa. Considerando o custo médio ótimo com mobilidade elétrica (média entre os três perfis de uso), Portugal apresenta um valor de €54,50 enquanto Noruega e Espanha apresentam, respectivamente, €49,77 e €62,89; Alemanha possui o maior valor e o UVE despende €84,19. Não se observa, entre os cenários A e B, diferença no comprometimento do salário médio corroborado pelos percentuais expostos em Tab. 25 e 29; ambos os clientes, em 4,6 kVA e 10,35 kVA, apresentam custo em mobilidade elétrica semelhante.

Compõe o grupo das empresas que ofertam os melhores tarifários, aqueles que oferecem o melhor preço, os seguintes:

Alemanha – Wunderwerk: WW BOM MIR

Espanha – Iberdrola, EDP e HolaLuz.

Noruega – Agva: agva kraft

Portugal – Alfa: Alfa Move Trihorário

Observa-se a influência dos tarifários específicos para mobilidade elétrica, e com diferença horária, em Portugal e Espanha, permitindo ao UVE economizar. Em Espanha, específico aos usuários com potência 10.35 kVA, há um equilíbrio entre fornecedores tendo o UVE que ajustar o seu perfil de uso ao tarifário desejado.

A compreensão da comercialização perpassa pelo levantamento da estrutura tributária presente nas operações comerciais que envolvem os pacotes de energia e o impacto

destes no custo total com mobilidade elétrica. A figura 23 exhibe os percentuais dos impostos presentes nas faturas a casa e de carregamento externo.

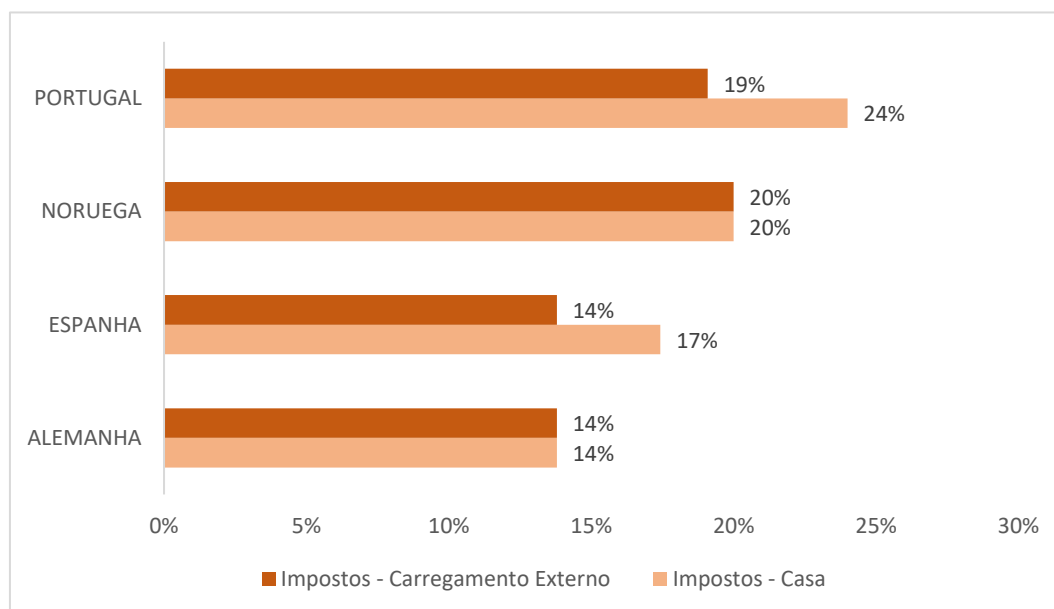


Figura 23 - CenB. Carga tributária por país: 2020.

As análises obtidas no cenário A estendem-se para o cenário B; o peso dos impostos refere-se a percentuais definidos em alíquotas que incidem de forma uniforme nas bases de incidência. Assim, Alemanha e Noruega possuem simplificação nos tributos, apenas aplicam IVA, e o primeiro possui o menor percentual de impostos em ambas as faturas. Portugal possui a maior carga tributária, em valores proporcionais e diversidade de tributos, que os demais países; contudo, os menores valores de fatura são observados, justamente, nas configurações com carregamento totalmente feito em casa.

A infraestrutura de carregamento dos países analisados é ampla e está dispersa por cada território nacional; ao optar por carregar, exclusivamente, em postos de carregamento, o UVE pode comprometer, em maior ou menor grau, os seus rendimentos caso não observe os aspectos que envolvem o carregamento externo. O custo de energia considerando exclusivamente o carregamento externo é mostrado na tabela 30.

Tabela 30 - CenB. Custo de energia por salário médio: Carregamento externo.

País	Custo Mobilidade Elétrica por Salário Médio			
	20 km/dia	50 km/dia	100 km/dia	Média
Alemanha	1%	2%	4%	2%
Espanha	2%	5%	9%	5%
Noruega	1%	2%	4%	2%
Portugal	2%	5%	10%	6%

Em termos econômicos, a infraestrutura de carregamento alemã possibilita a segunda menor despesa (€ 105,40) sendo a que menos impacta nos rendimentos médios – apenas 2%. Em Portugal, mesmo com diversos CEMEs, a opção pela estratégia de carregamento 5 compromete, aproximadamente, 6% dos rendimentos médio portugueses; os consumidores com perfil de uso 100km, em Espanha e Portugal, terão um comprometimento de renda na ordem de 10% - valor que representa o dobro do observado em Alemanha e Noruega. Não se observa diferença entre os cenários A e B nhoque tange a parte de carregamento externo.

Considerando a fase de adaptação dos UVE, que realizarão de forma mista as opções de carregamento, observa-se a necessidade de estabelecer as estratégias mistas mais vantajosas economicamente; assim, a tabela 31 apresenta o custo de energia por salário médio consoante às estratégias mistas.

Tabela 31 - CenB. Custo de energia por salário médio: Estratégias mistas.

País	Custo Mobilidade Elétrica por Salário Médio			
	30/70	50/50	70/30	Média
Alemanha	2%	2%	2%	2%
Espanha	6%	5%	4%	5%
Noruega	2%	2%	2%	2%
Portugal	6%	5%	5%	5%

Alemanha, Noruega e Portugal não apresentam diferença entre as estratégias o que implica em facilidade ao usuário em diminuir o seu grau de cuidado com os carregamentos em perfil misto ao longo do período considerado. Espanha apresentou a maior variação entre as estratégias 4 (30/70) e 2 (70/30); como há maior influência dos tarifários residenciais, a estratégia 2 apresenta os menores valores e, conseqüentemente, os menores comprometimentos de receita.

As diferentes tecnologias das baterias - bem como os respectivos processos de degradação - revelam a importância de analisar a influência do SOC no custo de energia quando o usuário acessa os postos de carregamento que aplicam tarifas ao minuto e por carregamento. As simulações iniciais utilizaram SOC de 10%, valor mínimo indicado pelo fabricante do veículo analisado. Nesta etapa da análise o SOC de 30% é aplicado e as variações são observadas comparando-as com os resultados iniciais; os reflexos económicos da variação do SOC são mostrados na tabela 32.

Tabela 32 - Variação SOC: Cenário B.

<b>Estratégia de Carregamento</b>	<b>Variação SOC</b>
Sem Carreg. Casa {2,3,4,5}	€ 1,78
Carregamento Externo {5}	€ 5,92
50/50 {3}	€ 5,84

Não se observa diferença entre os cenários A e B, consoante a valores divergentes entre as variações de SOC; as análises efetuadas para a tabela 28 são estendidas para a tabela 32.

Observa-se menor variação nos valores médios quando as parcelas de carregamento externo possuem parcela majoritária. Ao considerar carregamento exclusivamente externo e estratégia 50/50, há uma maior variação: isto ocorre por influência dos tarifários externos €/minuto pois, ao passo que se considera maior pacote de energia residual na bateria, mais acessos às estações de carregamento serão necessários para se carregar a energia necessária ao mês. Adicionalmente conclui-se que os tarifários a casa, para os patamares 4,6 e 10,35 kVA, apresentam variação irrisória referente às tarifas de energia; razão esta pela baixa diferença em ambos os cenários. Alterando SOC de 10% para 30% observa-se, igualmente, um aumento de 20% na quantidade de carregamentos necessários.

## 5. CONCLUSÕES

A continuidade dos incentivos e políticas governamentais produzirá alterações cada vez mais profundas na conversão da matriz de transportes atual – majoritariamente abastecida por combustíveis fósseis – em uma matriz provida por combustíveis alternativos. A eletrificação total dos transportes não indica ocorrer nas previsões indicadas pois há entraves tecnológicos – como autonomia dos EV, veículos com requisição de elevada potência e expansão da rede de distribuição - que necessitam de ações de longo prazo para comportar tal objetivo; no que tange os veículos de passeio, como observado no atingimento das metas de EVs e PCs, identifica-se esta tendência mais otimista de que, por volta do ano 2035, os veículos de passeio sejam majoritariamente, ou totalmente, elétricos – os incentivos de veículos a combustão interna alternativos (CNG, LNG e LPG) mantêm um público cativo e, havendo vantagem tecnológica destes, isto fomentará uma parcela residual destes veículos.

As recomendações presentes na diretiva 94/2014 e no *low-emissions program* mostram-se positivas e fomentam o atingimento das metas através da criação das plataformas de políticas nacionais: mesmo países sem compromisso de longa data com mobilidade elétrica, após estes documentos, desenvolveram resultados satisfatórios. A MOBILE é um exemplo destes desdobramentos positivos.

O estado da arte da comercialização de energia e carregamento é o objetivo principal desta tese. Neste contexto, o trabalho apresentou um modelo de análise multivariada (denominada MAECCI) que considera formulação matemática, índices comerciais, técnicos e econômicos. Desenvolveu-se uma função objetivo que relaciona os diversos dados de entrada – relativos ao perfil do motorista, EV e os tarifários, a casa e carregamento externo, existentes – e simula diversos cenários indicando, ao final, a opção mais vantajosa financeiramente. No intento de representar a população de motoristas, propõe-se três perfis de utilização (pouco, médio e elevado), estratégias de carregamento (Casa, Externo e três perfis mistos entre estes) e dois *State of Charge*. São considerados todos os tipos de tarifas:

por uso, energia e por tempo. Os pressupostos de carregamento consideram, sempre, os horários em que o preço está mais baixo. Os índices econômicos são usados para escolha dos países e estebelecimento do custo relativo despendido com mobilidade elétrica. Ao final, o modelo elenca os países, em ordem decrescente, por percentual de salário médio comprometido com mobilidade elétrica. O salário médio é escolhido como ação de isonomia pois caracteriza a métrica conforme a realidade econômica de cada membro analisado.

O caso de estudo possibilitou testar a eficácia do modelo usando os dados de quatro países, seus respectivos tarifários e diferentes perfis de direção. Os tarifários foram extraídos, validados e tratados; para Portugal e Espanha, os tarifários foram divididos pela classe da potência contratada em 4,6 e 10,35 kVA. Foram efetuadas 26340 simulações, divididas em dois cenários (A e B). Os resultados sugerem que a matriz energética renovável e diversa implica, significativamente, no custo de energia; além disso, com baixo  $SOC_{ev}$ , ou considerando EV com baterias novas, o custo da estação de carregamento é menor do que um valor alto de  $SOC_{ev}$  – ou EV com bateria com alto grau de degradação. O benefício do MAECCI é prontamente observado quando o custo da energia é comparado com o salário médio, porque ambos os índices se referem às políticas do governo, e o impacto é medido pela parcela do salário despendida com energia. Os resultados indicam que um plano de matriz energética de longo prazo pode ajudar a atingir tarifas mais baratas. No caso da Noruega, quando este plano está alinhado com resultados econômicos positivos, o impacto do custo de energia é menor. Tarifas horárias, como Portugal e Espanha, são excelentes opções para os operadores das redes e consumidores; com relação aos operadores, há uma tendência de deslocamento da curva de carga para os horários de preço baixo de energia; isto posto, as ações de planejamento e operação das redes tornam-se com maior confiabilidade e estabilidade. No que tange os consumidores, a redução dos custos com mobilidade elétrica e, convenientemente, aliar o carregamento do veículo com outra atividade. O modelo inclui a possibilidade de utilizar métodos de otimização para auxiliar o cliente na busca pelas melhores estratégias de carregamento ou tarifas baixas.

Trabalhos futuros são altamente recomendados sobre este assunto porque revelam que o estado da arte depende de uma métrica simples para medir o sucesso da política governamental. Nota-se a necessidade de assistir o UVE com informações relevantes para que compreenda este novo ambiente que está se formando.

Ao longo desta dissertação oportunidades foram identificadas, principalmente relativas à perspectiva do usuário, para desenvolvimentos futuros estendendo os conceitos apresentados:

- Desenvolvimento de uma aplicação *web* que forneça a melhor estratégia e tarifários ao UVE;

- Novas tecnologias de carregamento e tarifas ao minuto (estradas eletrificadas, por exemplo);

- Ampliação da metodologia para *car sharing*.



## *Referências Bibliográficas*

- [1] ACEA, “Overview of tax incentives for electric vehicles in the EU,” 2017. [Online]. Available:  
[https://www.acea.auto/uploads/publications/EV\\_incentives\\_overview\\_2017.pdf](https://www.acea.auto/uploads/publications/EV_incentives_overview_2017.pdf).  
[Accessed: 17-Dec-2020]
- [2] Parlamento Europeu, “Diretiva 94/2014,” 2014. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094&from=PT>.  
[Accessed: 17-Dez-2020].
- [3] SWD, “An European Strategy for Low-Emission Mobility,” 2016. [Online]. Available: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e44d3c21-531e-11e6-89bd-01aa75ed71a1.0002.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e44d3c21-531e-11e6-89bd-01aa75ed71a1.0002.02/DOC_1&format=PDF). [Accessed: 17-Dez-2020].
- [4] EAFO, “Incentives,” 2020. [Online]. Available: <https://eafo.eu/countries/european-union/23640/incentives>. [Accessed: 17-Set-2021]
- [5] EAFO, “NPF targets and progress,” 2021. [Online]. Available: <https://eafo.eu/countries/european-union/23640/npf-targets-and-progress>. [Accessed: 17-Set-2021]
- [6] Klaas Würzburg, X. Labandeira, and P. Linares, “Renewable generation and electricity prices: Taking stock and new evidence for Germany and Austria,” *Energy Econ.*, vol. 40, 1, pp. s159–s171, 2013.
- [7] Karsten Capion, M. Stryg, and K. R. Poulsen, “Electricity price outlook 2018: Perspectives for the power price in North West Europe towards 2035,” *Dansk Energi*, 2018.
- [8] D. Pereira, A. Marques, “How should price-responsive electricity tariffs evolve? An analysis of the German net demand case,” *Utilities Policy*. vol 66, 2020.
- [9] Electric vehicles, “Future of electric mobility in India,” 2019. [Online]. Available: <https://medium.com/@Electricvehicles.in/future-of-electric-mobility-in-india-26b4fd5783f1>. [Accessed: 22-Out-2021].
- [10] Cleantech, “Energy retail innovation,” 2020. [Online]. Available: <https://www.cleantech.com/energy-retail-innovation-opportunities-to-improve-consumer-engagement/>. [Accessed: 22-Out-2021].

- [11] Energy.gov, “Consumer vs prosumer: what’s difference,” 2017. [Online]. Available: <https://www.energy.gov/eere/articles/consumer-vs-prosumer-whats-difference>. [Accessed: 22-Out-2021].
- [12] HUNT, Sally. Making Competition Work in Electricity. John Wiley & Sons. 2002.
- [13] EPRS, “Understanding electricity markets in the EU,” 2016. [Online]. Available: <http://www.easyres-project.eu/wp-content/uploads/2019/02/understanding-electricity-markets-in-the-eu.pdf>. [Accessed: 17-Dec-2020].
- [14] ACTU, “Towards Low-Emission Mobility,” 2016. [Online]. Available: <https://www.actu-environnement.com/media/pdf/news-27258-mobilite-bas-carbone-ue.pdf>. [Accessed: 17-Dez-2020].
- [15] EAFO, “Incentives overview,” 2021. [Online]. Available: <https://www.eafo.eu/countries/france/1733/incentives>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [16] MOBILE, “Incentivos,” 2020. [Online]. Available: <https://www.mobie.pt/mobilidade/benef%C3%ADcios-incentivos>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [17] EAFO, “Infrastructure-electricity,” 2021. [Online]. Available: <https://eafo.eu/countries/european-union/23640/infrastructure/electricity>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [18] EAFO, “Vehicles-and-fleet-M1,” 2021. [Online]. Available: <https://eafo.eu/countries/european-union/23640/vehicles-and-fleet>. [Accessed: 17-Dez-2020].
- [19] EVroaming4EU, “About the Project,” 2019. [Online]. Available: <https://www.evroaming4.eu>. [Accessed: 17-Dec-2020].
- [20] MOBILE, “Regulamentos e Regras,” 2020. [Online]. Available: <https://www.mobie.pt/mobilidade/regulamentos-regras-manuais>. [Accessed: 16-Jun-2020].
- [21] Digital Charging Solutions, “Solutions,” 2019. [Online]. Available: <https://digitalchargingsolutions.com/web/dcs-global/solutions>. [Accessed: 17-Dec-2020].

- [22] EAFO, “Data update,” 2021. [Online]. Available: [https://www.eafo.eu/uploads/temp\\_chart\\_/data-export-260721.pdf](https://www.eafo.eu/uploads/temp_chart_/data-export-260721.pdf). [Accessed: 17-Set-2021].
- [23] MOBI.E, “FAQS,” 2019. [Online]. Available: <https://www.mobie.pt/faqs>. [Accessed: 17-Dec-2020].
- [24] MOBI.E, “Legislação,” 2021. [Online]. Available: <https://www.mobie.pt/mobilidade/legisla%C3%A7%C3%A3o/europeia-e-nacional>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [25] EDP, “Mobilidade Elétrica,” 2020. [Online]. Available: <https://www.edp.pt/particulares/servicos/mobilidade-eletrica>. [Accessed: 17-Dec-2020].
- [26] ERSE, “Ofertas comerciais,” 2021. [Online]. Available: <https://www.erse.pt/media/jwydnxtb/listaofertascomerciais.pdf>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [27] MOBI.E, “Comercializadores,” 2021. [Online]. Available: <https://www.mobie.pt/redemobie/comercializadores>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [28] DCS, “Tariffs-PT,” 2021. [Online]. Available: [https://e-tron.charging-service.audi/o/dcs-api/customer/groupIds/47951/tariffs/pdf?locale=pt\\_PT](https://e-tron.charging-service.audi/o/dcs-api/customer/groupIds/47951/tariffs/pdf?locale=pt_PT). [Accessed: 17-Set-2021].
- [29] MIBEL, “Mercado Ibérico de Eletricidade,” 2020. [Online]. Available: <https://www.mibel.com>. [Accessed: 17-Dec-2020].
- [30] EDP, “Tarifa de tres perodos,” 2020. [Online]. Available: <https://www.edpenergia.es/es/hogares/movilidad-electrica/productos/tarifa-de-tres-periodos>. [Accessed: 17-Dec-2020].
- [31] COMPARADORLUZ, “Coches electricos,” 2021. [Online]. Available: <https://comparadorluz.com/faq/coches-electricos>. [Accessed: 30-Jun-2021].
- [32] Repsol, “Movilidad electrica,” 2021. [Online]. Available: <https://www.repsol.es/es/productos-y-servicios/movilidad-electrica/soluciones-para-particulares/index.cshtml>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [33] R. Garcia-Valle and J. A. P. Lopes, “Electric vehicle integration into modern power networks,” 1st ed. New York Springer-Verlag, 2013.

- [34] N. Jakobsson, S. Karlsson, and F. Sprei, “How are driving patterns adjusted to the use of a battery electric vehicle in two-car households?,” EVS 2016 - 29th Int. Electr. Veh. Symp., pp. 1–10, 2016.
- [35] Y. Wang, R. Wang, and H. Zhang, “Research of Dynamic Time-of-use Tariffs for PEV Charging Stations Based on User Behavior Habits,” in 2nd IEEE Conference on Energy Internet and Energy System Integration, EI2 2018 - Proceedings, 2018.
- [36] J. M. Clairand, J. R. Garcia, and C. A. Bel, “Smart charging for an electric vehicle aggregator considering user tariff preference,” in 2017 IEEE Power and Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference, ISGT 2017, 2017.
- [37] A. Miles, “The secret life of an EV battery,” cleantechnica, 2018. [Online]. Available: <https://cleantechnica.com/2018/08/26/the-secret-life-of-an-ev-battery/>. [Accessed: 20-Dec-2020].
- [38] Aldro, “Tarifário três períodos,” 2021. [Online]. Available: <https://aldroportugal.pt/servicos-electricidade/>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [39] T. Jónsson, P. Pinson, and H. Madsen, “On the market impact of wind energy forecasts,” Energy Econ, vol. 32, no. 2, pp. 313–320, 2010.
- [40] CountryEconomy, “GDP,” 2020. [Online]. Available: <https://countryeconomy.com/gdp>. [Accessed: 17-Dec-2020].
- [41] REN, “Potência instalada e balanço mensal,” 2021. [Online]. Available: <https://datahub.ren.pt/pt/eletricidade/balanco-mensal/?date=2021-07-31>. [Accessed: 31-Jul-2021].
- [42] Eurostat, “Electricity Price Statistics for Household Consumers,” 2020. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity\\_price\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics). [Accessed: 17-Jul-2021].
- [43] REE, “Potência instalada 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://www.ree.es/en/datos/generation/installed-capacity>. [Accessed: 10-Mai-2020].
- [44] REE, “Evolução geração renovável 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://www.ree.es/en/datos/generation/evolution-renewable-non-renewable>. [Accessed: 10-Mai-2020].

- [45] Energifaktanorge, “kraftproduksjon 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://energifaktanorge.no/en/norsk-energiforsyning/kraftproduksjon/>. [Accessed: 15-Mai-2021].
- [46] ISE, “Renewable Share,” 2020. [Online]. Available: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/press-media/news/2020/public-net-electricity-generation-in-germany-2020-share-from-renewables-exceeds-50-percent.html>. [Accessed: 15-Fev-2021].
- [47] Cleanenergywire, “Germany energy consumption and power ,” 2020. [Online]. Available: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-energy-consumption-and-power-mix-charts>. [Accessed: 15-Fev-2021].
- [48] EAFO, “Alternative fuels overview,” 2020. [Online]. Available: <https://eafo.eu/alternative-fuels/overview>. [Accessed:17-Fev-2021].
- [49] EAFO, “Countries,” 2020. [Online]. Available: <https://eafo.eu/countries/european-union/23640/>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [50] EAFO, “Summary,” 2021. [Online]. Available: <https://eafo.eu/countries/european-union/23640/summary>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [51] EAFO, “Vehicles and Fleet – M2-M3,” 2021. [Online]. Available: <https://eafo.eu/vehicles-and-fleet/m2-m3>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [52] EAFO, “Vehicles and Fleet – N2-N3,” 2021. [Online]. Available: <https://eafo.eu/vehicles-and-fleet/n2-n3>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [53] CountryEconomy, “Average Wage,” 2021. [Online]. Available: <https://countryeconomy.com/labour/average-wage>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [54] Check24, “Strom,”2021. [Online]. Available: <https://www.check24.de/strom/>. [Accessed: 19-Jul-2021].
- [55] Verivox, “Strompreisvergleich,” 2021. [Online]. Available: <https://www.verivox.de/strompreisvergleich/>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [56] Eurostat, “NRG PC 204 C,” 2020. [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG\\_PC\\_204\\_C\\_custom\\_1283463/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/NRG_PC_204_C_custom_1283463/default/table?lang=en). [Accessed: 17-Jul-2021].

- [57] EON, “Unterwegs,” 2020. [Online]. Available: <https://www.eon.de/de/pk/e-mobility/unterwegs.html>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [58] Economiadigital, “Asi es la facture de la luz en España,” 2020. [Online]. Available: <https://www.economiadigital.es/economia/asi-es-la-factura-de-la-luz-en-espana-el-60-son-impuestos.html>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [59] EDP, “Tarifa de tres periodos,” 2020. [Online]. Available: <https://www.edpenergia.es/es/hogares/movilidad-electrica/productos/tarifa-de-tres-periodos>. [Accessed: 17-Dec-2020].
- [60] ComparadorLuz, “Tarifas de energia,” 2021. [Online]. Available: <https://comparadorluz.com/>. [Accessed: 17-Set-2021].
- [61] Repsol, “Movilidad electrica – soluciones para particulares,” 2021. [Online]. Available: <https://www.repsol.es/es/productos-y-servicios/movilidad-electrica/soluciones-para-particulares/index.cshtml>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [62] Strompris, “Sjekk stromprisene,” 2021. [Online]. Available: <https://www.strompris.no/>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [63] Stromtest, “Strompriser,” 2021. [Online]. Available: <https://www.xn--strmtest-74a.no/en/>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [64] ERSE, “,” 2020. [Online]. Available: [https://www.erse.pt/media/pzievesl/ersexplica\\_aplica%C3%A7%C3%A3o-do-iva.pdf](https://www.erse.pt/media/pzievesl/ersexplica_aplica%C3%A7%C3%A3o-do-iva.pdf). [Accessed: 17-Jul-2021].
- [65] ERSE, “Tarifas EGME 2021,” 2021. [Online]. Available: <https://www.erse.pt/media/oekhfnsa/diretiva-erse-6-2021-tarifas-egme-2021.pdf>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [66] ERSE, “Simulador,” 2021. [Online]. Available: <https://simulador.precos.erse.pt/eletricidade/>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [67] Poupaenergia, “Simulador tarifários,” 2021. [Online]. Available: <https://poupaenergia.pt/>. [Accessed: 17-Jul-2021].
- [68] MOBI.E, “Comercializadores e operadores,” 2021. [Online]. Available: <https://www.mobie.pt/redemobie/comercializadores-e-operadores>. [Accessed: 17-Jul-2021].

[69] K. ApS, “NRPLA.DE,” 2018. [Online]. Available: [www.nrpla.de/soeg](http://www.nrpla.de/soeg).  
[Accessed:17-Jul-2021].