

**Quantificação de elegibilidade e potencial utilização de
tecnologias alternativas na mobilidade urbana**

André Cordeiro Reis da Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Orientadores: Prof. Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte
Dr. Patrícia de Carvalho Baptista

Júri

Presidente: Prof. Edgar Caetano Fernandes
Orientador: Dr. Patrícia de Carvalho Baptista
Vogal: Prof. António Luís Nobre Moreira

Junho 2019

Agradecimentos

Gostaria de começar por agradecer aos meus orientadores, ao Prof. Gonçalo Nuno de Oliveira Duarte e à Doutora Patrícia De Carvalho Baptista, por toda a sua incansável ajuda, disponibilidade e dedicação exemplar, tendo-se revelado dotados de excelentes qualidades não só profissionais, como humanas. Estou sinceramente grato pela oportunidade de ter aprendido e trabalhado convosco.

Gostaria também de agradecer a todos os meus amigos e em especial à minha namorada pela paciência, apoio e carinho durante todo este processo.

Por último, não posso deixar de agradecer à minha família, em especial aos meus pais, pelos valores transmitidos que fazem de mim a pessoa que sou, por todo o apoio incondicional que sempre me deram, por sempre terem acreditado em mim, mas principalmente por serem as pessoas mais especiais que tenho o privilégio de ter na minha vida.

Resumo

Considerando que a maioria da população vive em áreas urbanas, a gestão de energia e de emissões de gases poluentes associados ao sector dos transportes nas cidades assume um papel fundamental. Neste contexto, a mobilidade eléctrica aparece como uma solução interessante devido à sua elevada eficiência e à emissão nula de poluentes locais.

O objectivo deste trabalho passou por quantificar a elegibilidade e potencial utilização de veículos eléctricos na mobilidade urbana, com recurso a uma comparação entre a utilização real num veículo convencional e uma simulação de utilização potencial de um veículo eléctrico, tendo como caso de estudo 62 condutores na área de Lisboa.

Neste sentido, separou-se a amostra de condutores em dois grupos de análise, em função da sua tipologia, e foram definidos cenários de teste de modo a estudar diversos comportamentos de carregamento, através da simulação de estrangimentos estruturais e comportamentais que definem as disponibilidades para o mesmo. De modo a verificar a elegibilidade de cada condutor para a mobilidade eléctrica, em cada cenário, foram simuladas 4 semanas de utilização contínua em veículos eléctricos, tendo por base os padrões de mobilidade daqueles. Com base apenas nos condutores elegíveis, foi possível definir o padrão de mobilidade de cada cenário e quantificar os impactes dos seus carregamentos, dependendo do mix de geração de electricidade (neste caso específico, do ano 2017), em diferentes alturas do dia, e em períodos diferentes do ano, comparando as emissões resultantes com as de um veículo convencional.

Foi possível verificar que os estrangimentos estruturais são os mais determinantes para a elegibilidade. Estes definem a característica de cada grupo de cenários, enquanto que os comportamentais servem principalmente de análise de sensibilidade. A elegibilidade é tendencialmente menor nos cenários estrangidos a carregamentos diurnos, em média 77%, e nos cenários estrangidos a dias de fim de semana, em média 70%, face aos cenários de maior elegibilidade, sendo que estes incluem apenas os condutores com as menores distâncias percorridas, e com as velocidades médias mais baixas. No que diz respeito às emissões de CO₂, os impactes são dependentes do mix de geração de electricidade. No Inverno, as emissões foram 24% inferiores às do Verão, devido à contribuição das energias renováveis. Também neste período, a oportunidade de redução de CO₂ para os condutores elegíveis, em comparação com o veículo convencional, foi mais expressiva e os picos de oportunidade de redução coincidiram às 9h e às 19h, traduzindo-se em reduções na ordem dos 82% (G1) e 87% (G2). Por outro lado, no Verão, o pico verificou-se às 20h e traduziu-se em reduções na ordem dos 77% (G1) e 84% (G2). No entanto, as maiores oportunidades de redução poderão não ser passíveis de ser aproveitadas, pois, em alguns casos, isto implicaria a necessidade de alterar os comportamentos de utilização do veículo, o que por vezes não é viável.

Palavras chave: Monitorização em contexto real, Elegibilidade eléctrica, Padrões de mobilidade, Mix de geração de electricidade, Impactes

Abstract

Considering that most of the population lives in urban areas, the management of energy and emission of pollutants associated to transport sector in cities is fundamental. In this context, the electric mobility arises as an interesting solution due to its high efficiency and zero local emissions.

The objective of this work was to assess the feasibility and potential application of electric vehicles on urban mobility, based on a comparison between a conventional vehicle with a simulation of a potential usage of an electric vehicle, having as a case study 62 drivers in the Metropolitan area of Lisbon.

Firstly, the drivers were separated into two different groups, according to its vehicle's typology, and then, several test scenarios were set, in order to study different charging behaviours, using simulated structural and behaviour constraints, affecting the charging opportunities. In order to evaluate their electric mobility feasibility in each scenario, a 4-week continuous application simulation was made considering the driver's day-to-day mobility characteristics. Only taking into account the feasible drivers, it was possible to define the driver's day-to-day mobility characteristics associated to each scenario and assess their charging impacts, depending on the electricity generation mix (in this specific case, in the year 2017), at different times of the day, and at different periods of the year, comparing their emissions with the ones emitted by a conventional vehicle.

Results revealed that the structural constraints were more influential to determine the feasibility. This one defines the scenario group's characteristics, while behaviour constraints mainly act as a sensibility analysis. The feasibility is lower at the scenarios with only charging opportunities during the day, on average 77%, and on the scenarios with only opportunities on weekends, on average 70%, when comparing with those with higher feasibility, and this ones only include the drivers with the lowest travelled distances and with the lower average speed. Concerning to the CO₂ emissions, the impacts were highly dependent on the electricity generation mix. In winter period, they were 24% lower while compared to the Summer period, due to the contribution of renewable energies. The CO₂ reduction opportunity was also more expressive at that period. In Winter period, the reduction peaks appeared at 9h and 19h, and showed reductions in the order of 82% (G1) and 87% (G2), while in Summer period, the peak only happened at 20h, and showed reductions in the order of 77% (G1) and 84% (G2). However, some drivers might not take advantage of the bigger opportunities for reduction of CO₂ because in some cases, that would mean that they need to change their mobility characteristics and that might not be possible.

Keywords: Naturalistic driving data, Electric mobility feasibility, Mobility characterization, Energy mix, Impacts

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Estado da arte	7
1.3	Objectivos	10
1.4	Estrutura da Tese.....	11
2	Conceitos	12
2.1	Dinâmica do veículo	12
2.2	Metodologia VSP	20
2.3	Características de um veículo eléctrico.....	21
	Sistema de armazenamento de energia	23
	Sistema de propulsão	23
2.4	Características do motor	24
2.5	Regeneração	25
2.6	Baterias.....	26
3	Dados e métodos	28
3.1	Amostra de condutores	28
3.2	Dados de monitorização.....	31
	3.2.1 Monitorização em contexto real de condução.....	31
	3.2.2 Tratamento dos dados.....	31
	3.2.3 Modos VSP.....	33
3.3	Ferramenta de análise.....	34
	3.3.1 Determinação dos <i>inputs</i> e dos <i>outputs</i>	34
	3.3.2 Modelação do veículo eléctrico e determinação do consumo energético.....	34
	3.3.3 Disponibilidade carregamento de energia.....	35
	3.3.4 Utilização do veículo modelado.....	36
	3.3.5 Cenários de Análise.....	37
	3.3.6 Validação de elegibilidade para a mobilidade eléctrica.....	38
	3.3.7 Distribuição horária da energia carregada	39
	3.3.8 Emissões de CO ₂	40
3.4	Rede Eléctrica	40
4	Resultados	44
4.1	Definição da análise e validação de condutores.....	44
4.2	Caracterização dos padrões de mobilidade	45
	4.2.1 Ligeiros de passageiros – Grupo 1.....	45
	4.2.2 Ligeiros comerciais – Grupo 2.....	54
4.3	Quantificação de impactes	63
	4.3.1 Ligeiros de passageiros – Grupo 1.....	64
	4.3.2 Ligeiros comerciais – Grupo 2.....	70
5	Conclusões e trabalho futuro	75
6	Referências bibliográficas	77

Lista de Figuras

Figura 1- Evolução da distribuição de energia consumida por sector (UE-28) [1].....	1
Figura 2 - Energia Consumida pelo Sector dos Transportes (UE-28) [2]	2
Figura 3 - Evolução em percentagem do consumo energético por modo de transporte (UE-28) [3]	2
Figura 4 - Evolução das emissões de GEE através da queima de combustíveis (UE-28) [1].....	3
Figura 5 - Emissões de substâncias precursoras do ozono troposférico por sector (UE-28) [4].....	3
Figura 6 - Emissões Gases Efeito Estufa no Sector dos Transportes (UE-28) [5]	4
Figura 7 - Contribuição do sector dos transportes no total de emissões poluentes (UE-28) [5]	4
Figura 8 - Evolução das emissões de gases poluentes pelos transportes (EU-28) [5]	5
Figura 9 - Evolução de emissão de Gases de Efeito Estufa (EU-28) [7]	6
Figura 10 - Sistema de coordenadas de um veículo [21].....	12
Figura 11 - Forças aplicadas a um veículo [22].....	13
Figura 12 - Rigidez longitudinal em função do factor de escorregamento [22].....	14
Figura 13 - Forças longitudinais numa roda motriz [22].....	15
Figura 14 - Raio efectivo de um pneu [22]	16
Figura 15 - Distribuição assimétrica na superfície de contacto [22]	17
Figura 16 - Efeitos da altura ao solo no Cd [23]	18
Figura 17 - Influência do comprimento da parte traseira (l_0) e do ângulo traseiro (ψ) no Cd [21].....	19
Figura 18 - Cd para várias formas geométricas [24]	19
Figura 19 – Smart ICEV (esquerda) e Smart EV (direita) [27][28].....	22
Figura 20 - Corte lateral de um Nissan Leaf [29]	22
Figura 21 - Configuração conceptual de um EV [24]	22
Figura 22 - Posição do conjunto de baterias numa vista de corte de um Nissan Leaf [30].....	23
Figura 23 - Possíveis configurações de propulsão eléctrica [24].....	23
Figura 24 - Características típicas de um motor eléctrico de velocidade variável [24].....	24
Figura 25 – Esquema de accionamento da regeneração [31]	25
Figura 26 - Esquema de uma célula de bateria electroquímica [24].....	26
Figura 27 - Densidade energética de baterias e combustíveis líquidos [10]	27
Figura 28 - Diagrama de metodologia.....	28
Figura 29 - Dispositivo "i2D"	31
Figura 30 - Exemplo de uma distribuição horária de distância percorrida num dia de semana – condutor 8.....	32
Figura 31 - Exemplo de uma distribuição de tempo por modo VSP - condutor 19.....	32
Figura 32 - Consumo energético dos EV por modo VSP.....	33
Figura 33 - Consumo de combustível dos ICE por modo de VSP	34
Figura 34 - Exemplo de uma distribuição horária de energia disponível para carregar, num dia de semana – condutor 8.....	36
Figura 35 - Exemplo da evolução do estado de carga de um condutor na quarta semana de análise - condutor 40.....	37

Figura 36 - Evolução do estado de carga no perfil de utilização de sexta-feira - condutor 40	37
Figura 37 - Exemplo de um condutor não elegível no cenário 4 - condutor 13	39
Figura 38 - Parte do quadro de elegibilidade eléctrica para o cenário 4	39
Figura 39 - Caracterização da rede eléctrica portuguesa no ano 2017	41
Figura 40 - Distribuição da produção de electricidade em Portugal no ano 2017	41
Figura 41 - Distribuição horária e contribuição de Renováveis e PRE no mix de geração de electricidade, em média, no ano de 2017, em períodos sazonais	43
Figura 42 - Distribuição horária da contribuição média no mix de geração de electricidade de Renováveis e do Factor de emissão de CO ₂ médio para os períodos sazonais de Inverno e Verão ..	43
Figura 43 - Quilómetros percorridos pelos condutores válidos em dias de semana, fim de semana e total semanal (Grupo 1).....	45
Figura 44 – Elegibilidade eléctrica e Distância percorrida nos diversos cenários (Grupo 1).....	46
Figura 45 - Distância percorrida pelos condutores elegíveis em cada cenário (Grupo 1).....	46
Figura 46 - Velocidade média dos condutores elegíveis por cada cenário (Grupo 1).....	47
Figura 47 - Velocidade média por distância média diária percorrida por condutor elegível nos diversos cenários (Grupo 1).....	47
Figura 48 – Distribuição das horas disponíveis e carregadas pelos condutores elegíveis por cenário (Grupo 1)	48
Figura 49 – Número de carregamentos, horas disponíveis e carregadas semanalmente pelos condutores elegíveis por cenário (Grupo 1).....	48
Figura 50 - Energia carregada pelos condutores elegíveis nos diversos cenários (Grupo 1).....	49
Figura 51 - Energia carregada por horas de carregamento, por condutor elegível nos diversos cenários (Grupo 1)	49
Figura 52 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 1 (Grupo 1).....	50
Figura 53 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 16 (Grupo 1).....	50
Figura 54 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 24 (Grupo 1).....	51
Figura 55 - Distribuição horária do carregamento de energia percentual nos 27 cenários agrupados em 3 grupos consoante a disponibilidade de carregamento no período diário (Grupo 1).....	52
Figura 56 - Gráfico polar dos cenários 1,18 e 25 e da sua comparação (Grupo 1).....	53
Figura 57 - Gráfico polar para os grupos de cenários com disponibilidade de carregamento quando abaixo de 100% de SOC (Grupo 1)	53
Figura 58 - Quilómetros percorridos pelos condutores válidos em dias de semana, fim de semana e total semanal (Grupo 2).....	55
Figura 59 - Distância percorrida nos diversos Cenários (Grupo 2).....	56
Figura 60 - Distância percorrida pelos condutores elegíveis em cada cenário (Grupo 2).....	56
Figura 61 - Velocidade média dos condutores elegíveis por cada cenário (Grupo 2).....	57
Figura 62 - Velocidade média vs distância média diária percorrida por condutor elegível nos diversos cenários (Grupo 2).....	57
Figura 63 - Distribuição das horas disponíveis e carregadas pelos condutores elegíveis por cenário (Grupo 2)	58
Figura 64 - Número de carregamentos, horas disponíveis e carregadas em média semanal pelos condutores elegíveis por cenário (Grupo 2).....	58
Figura 65 - Energia carregada pelos condutores elegíveis nos diversos cenários (Grupo 2).....	59
Figura 66 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 1 (Grupo 2).....	59

Figura 67 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 13 (Grupo 2).....	60
Figura 68 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 18 (Grupo 2).....	60
Figura 69 - Distribuição horária do carregamento de energia percentual nos 27 cenários agrupados em 3 grupos consoante a disponibilidade de carregamento no período diário (Grupo 2).....	61
Figura 70 - Gráfico polar dos cenários 1,13 e 18 e da sua comparação (Grupo 2).....	62
Figura 71 - Gráfico polar para os grupos de cenários com disponibilidade de carregamento quando abaixo de 30% de SOC (Grupo 2)	62
Figura 72 – Penetração de energias renováveis e Factor de emissão de CO ₂ em base horária e com base nos condutores elegíveis no período sazonal de Inverno (Grupo 1)	64
Figura 73 – Penetração de energias renováveis e Factor de emissão de CO ₂ em base horária e com base nos condutores elegíveis no período sazonal de Verão (Grupo 1)	65
Figura 74 - Comparação das emissões CO ₂ do condutor elegível em cada cenário, entre um ICE e um EV durante uma semana no período de Inverno (Grupo 1).....	66
Figura 75 - Comparação das emissões CO ₂ do condutor elegível em cada cenário, entre um ICE e um EV no período de Verão (Grupo 1).....	67
Figura 76 - Comparação das emissões produzidas pelos condutores elegíveis nos diferentes cenários,entre um ICE e um EV em todos os periodos anuais de análise (Grupo 1) [g CO ₂ /km].....	68
Figura 77 - Oportunidade de redução de emissões (Grupo 1)	68
Figura 78 - Distribuição da contribuição de PRE em base horária e com base nos condutores elegíveis para os diversos cenários no período sazonal de Inverno (grupo 1).....	69
Figura 79 - Distribuição da contribuição de PRE em base horária e com base nos condutores elegíveis para os diversos cenários no período sazonal de Inverno (grupo 2).....	69
Figura 80 - Penetração de energias renováveis e Factor de emissão de CO ₂ em base horária e com base nos condutores elegíveis no período sazonal de Inverno (Grupo 2)	70
Figura 81 - Penetração de energias renováveis e Factor de emissão de CO ₂ em base horária e com base nos condutores elegíveis no período sazonal de Verão (Grupo 2)	71
Figura 82 - Comparação das emissões CO ₂ do condutor elegível em cada cenário, entre um ICE e um EV no período de Inverno (Grupo 2).....	71
Figura 83 - Comparação das emissões CO ₂ do condutor elegível em cada cenário, entre um ICE e um EV no período de Verão (Grupo 2).....	72
Figura 84 - Comparação das emissões produzidas pelos condutores elegíveis nos diferentes cenários, entre um ICE e um EV em todos os períodos anuais de análise (Grupo 2) [g CO ₂ /km]	73
Figura 85 – Oportunidade de redução de emissões (Grupo 2).....	73
Figura 86 - Distribuição da contribuição de PRE em base horária e com base nos condutores elegíveis para os diversos cenários no período sazonal de Inverno (grupo 2).....	74
Figura 87 - Distribuição da contribuição de PRE em base horária e com base nos condutores elegíveis para os diversos cenários no período sazonal de Verão (grupo 2).....	74

Lista de tabelas

Tabela 1- Normas de emissões EURO standards	5
Tabela 2 – Tabela resumida de Incentivos para aquisição de veículo eléctrico por país da Europa - Eu28 + Noruega e Suíça, 2017 (fonte: www.acea.be) – Anexo A.....	7
Tabela 3 - Várias contribuições para o Cd.....	19
Tabela 4 - Concatenação de VSP e W/kg por modo.....	21
Tabela 5 - Características das tecnologias de baterias mais utilizadas em EV [31].....	27
Tabela 6 - Amostra de condutores monitorizados através da plataforma "i2D"	29
Tabela 7 - Amostra de condutores monitorizados anteriormente.....	30
Tabela 8 - Resumo da amostra por combustível e tipologia	31
Tabela 9 - Características técnicas dos veículos eléctricos [35].....	33
Tabela 10 - Capacidade física e capacidade disponível das baterias	35
Tabela 11 - Cenários de análise	38
Tabela 12 - Factor de emissão de CO ₂ para diferentes combustíveis	40
Tabela 13 - Distribuição da PRE no ano 2017	42
Tabela 14 - Factor de emissão para PRE térmica [38][39]	42
Tabela 15 - Factor de emissão de CO ₂ por fonte de produção eléctrica.....	42
Tabela 16 - Definição e validação de condutores para a amostra a analisar	44
Tabela 17 - Efeitos médios resultantes dos constrangimentos definidos para disponibilidade de carregamento face à utilização do veículo por cenário, ao final de uma semana completa (Grupo 1)	54
Tabela 18 - Efeitos médios resultantes dos constrangimentos definidos para disponibilidade de carregamento face à utilização do veículo por cenário, ao final de uma semana completa (Grupo 2)	63

Lista de abreviaturas

BEV	Battery Electric Vehicle (Veículo eléctrico a bateria)
CO	Monóxido de carbono
CTG	Cradle to grave (Berço-à-cova)
DOD	Depth of Discharge (Profundidade do descarregamento)
EV	Electric Vehicle (Veículo eléctrico)
FCEV	Fuel cell electric vehicle (Veículo eléctrico com célula de combustível)
GEE	Gases de efeito estufa
HEV	Hybrid Electric Vehicle (Veículo eléctrico híbrido)
ICEV	Veículo de motor de combustão interna
NMHC	Non-methane hydrocarbons (Hidrocarbonetos não metânicos)
NO _x	Óxidos de azoto
PHEV	Plug-in Hybrid vehicle (Veículo eléctrico Plug-in híbrido)
PM	Matéria particulada
PRE	Produção em regime especial
SOC	State Of Charge (Estado de carga)
SO _x	Óxidos de enxofre
VSP	Vehicle Specific Power
TTW	Tank to wheel (Depósito-à-roda)
WTT	Well to tank (Poço-ao-Depósito)
WTW	Well to wheel (Poço-à-Roda)

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Todos os nossos comportamentos diários, de uma forma ou de outra, seja em pequenas acções, como por exemplo, preparar uma refeição, uma deslocação de casa para o local de trabalho, aquecer água para um banho ou mesmo ouvir música em casa, têm uma coisa em comum: todos consomem energia.

A gestão da energia - principalmente para os países que dependem da importação de energia primária, como é a realidade Portuguesa, que tem uma dependência energética de 73,5% da sua energia total [1] -, bem como a quantificação das respectivas emissões de Gases de efeito estufa (GEE) consequentes da sua utilização são fundamentais para reduzir custos e impactes associados.

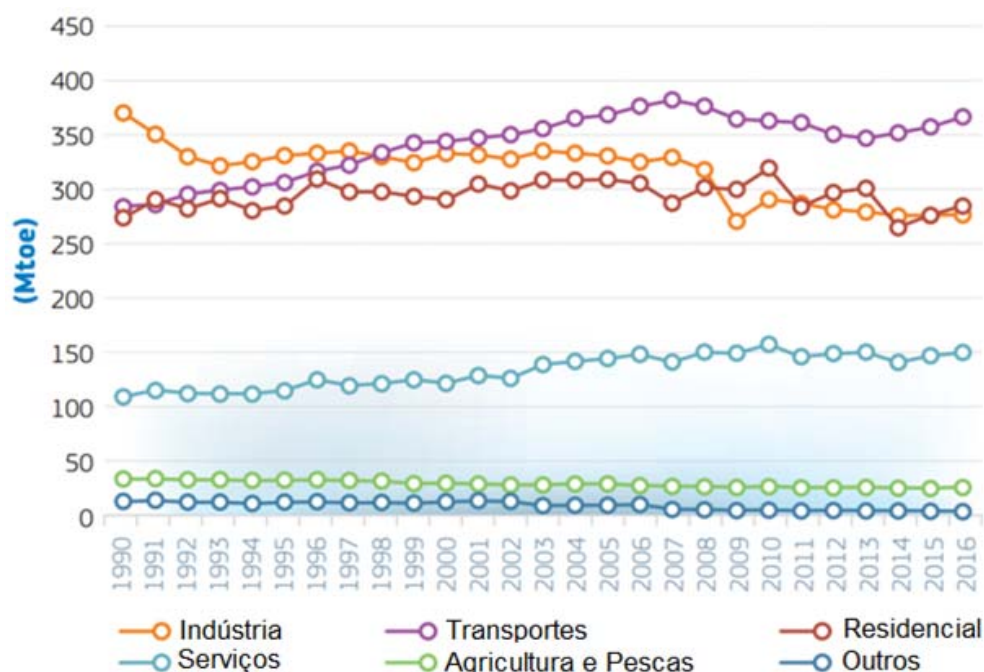


Figura 1- Evolução da distribuição de energia consumida por sector (UE-28) [1]

O sector dos transportes é um dos principais responsáveis pelo consumo de energia final na União Europeia (UE) (em 33,2% em 2016 [1], Figura 1) e está profundamente ligado ao modo de vida da nossa sociedade. Este sector desenvolve um papel determinante na economia, sendo fundamental para a cadeia logística, bem como para a nossa qualidade de vida ao aproximar locais, pessoas e bens.

Considerando que a maioria da população vive em áreas urbanas, a gestão de energia/emissão de gases poluentes associada ao sector dos transportes nas cidades é um problema cada vez mais premente, seja pelas questões associadas ao tráfego, à saúde, à eficiência energética, etc. Como tal, é cada vez mais importante quantificar os impactes associados à utilização de diversas tecnologias de propulsão com recurso às tecnologias de informação e comunicação na condução/mobilidade urbana.

Como pode ser constatado através da Figura 2, dentro do sector dos transportes, o modo Rodoviário é o modo mais intensivo energeticamente do sector dos transportes.

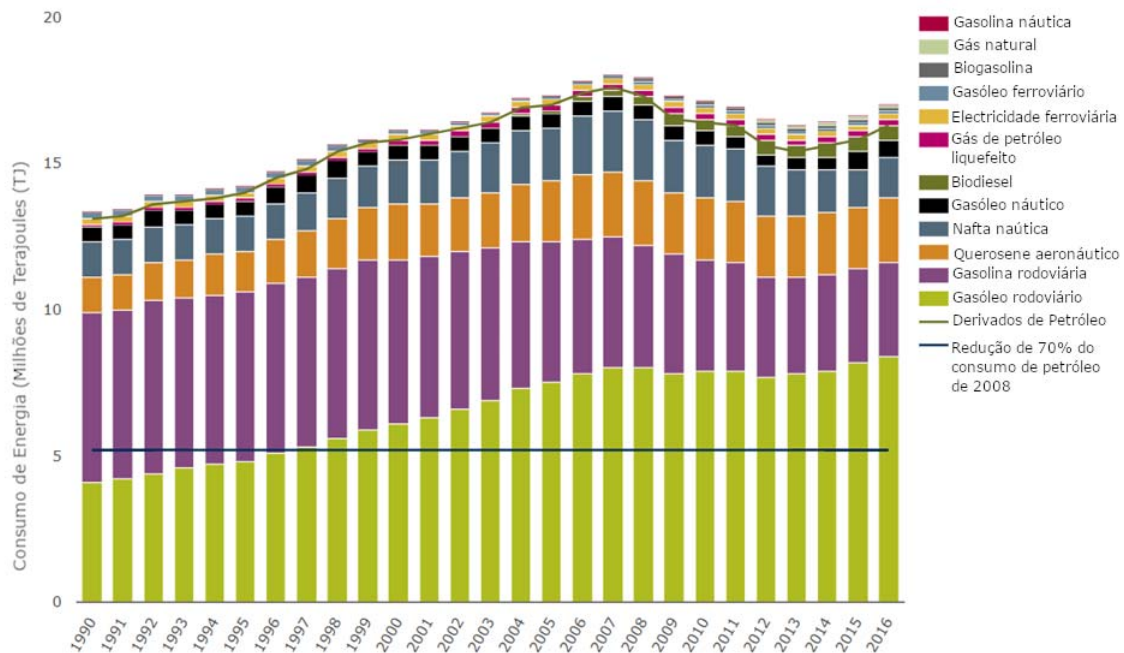


Figura 2 - Energia Consumida pelo Sector dos Transportes (UE-28) [2]

Esta contribuição tem sido crescente (Figura 3) e pode ser justificada tanto através do sucessivo desinvestimento nouro tipo de alternativas fluviais, ferroviárias, como através da falta de investimento nos transportes públicos colectivos e da banalização da utilização do automóvel privado.

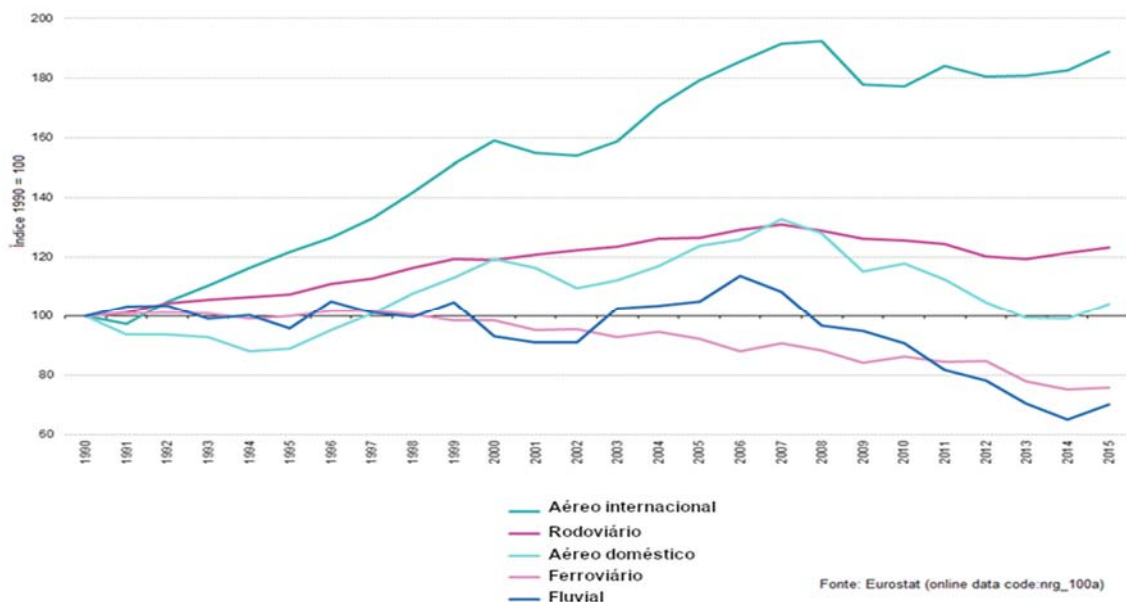
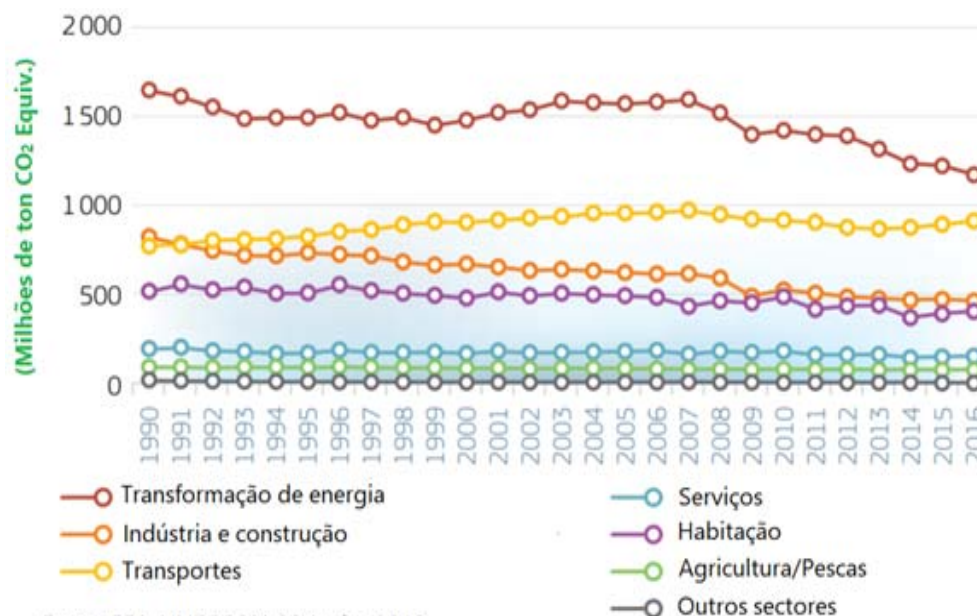


Figura 3 - Evolução em percentagem do consumo energético por modo de transporte (UE-28) [3]

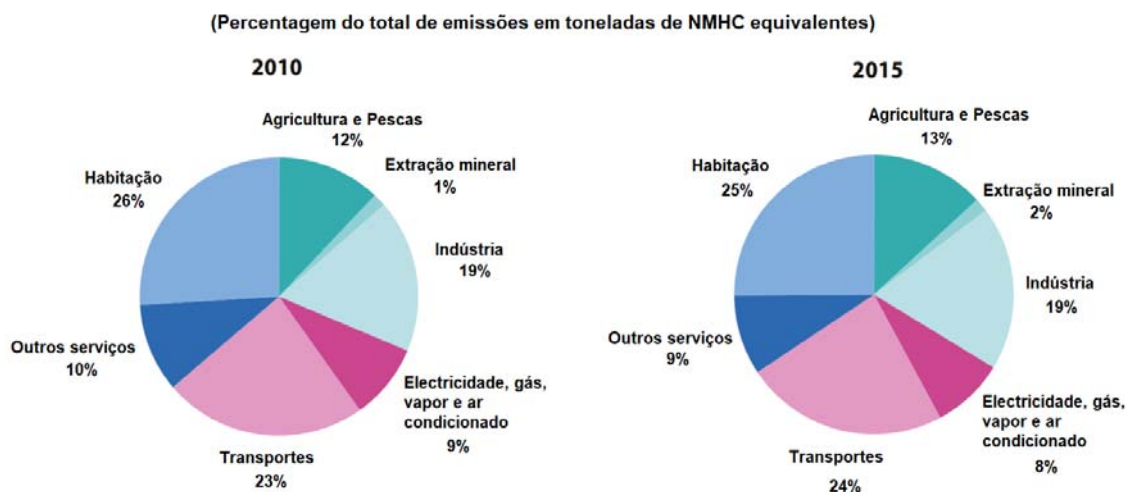
O consumo energético do sector dos transportes consiste quase inteiramente na combustão de combustíveis fósseis, sendo que a eles estão associadas emissões de gases poluentes, tais como,

óxidos de azoto (NO_x), matéria particulada (PM), monóxido de carbono (CO), hidrocarbonetos não metânicos (NMHCs) e óxidos de enxofre (SO_x). As quantidades e características das emissões dependem da quantidade e qualidade dos combustíveis utilizados, da tecnologia utilizada na combustão, de tecnologias de tratamento dos gases de escape (filtros e catalisadores) bem como de diversos factores como, por exemplo, velocidade, factor de carga, temperatura e manutenção dos motores.



Fonte: EEA_UNFCCC V_20 Junho 2018

Figura 4 - Evolução das emissões de GEE através da queima de combustíveis (UE-28) [1]



Fonte: Eurostat (env_ac_ainah_r2)

Figura 5 - Emissões de substâncias precursoras do ozono troposférico por sector (UE-28) [4]

Sendo o sector dos transportes um dos maiores responsáveis pelo consumo de energia (Figura 1), este é também um dos principais responsáveis pelas emissões de gases poluentes (Figura 5). O sector dos transportes representa quase um quarto de todas as emissões de GEE (Figura 4) e é o principal responsável pela poluição do ar dentro das cidades.

Dentro do sector dos transportes, o modo rodoviário é de longe o maior emissor, sendo responsável por mais de 72% de todas as emissões de GEE no sector dos transportes em 2016 (Figura 6), sendo também significativa a sua contribuição noutras emissões de gases poluentes (Figura 7).

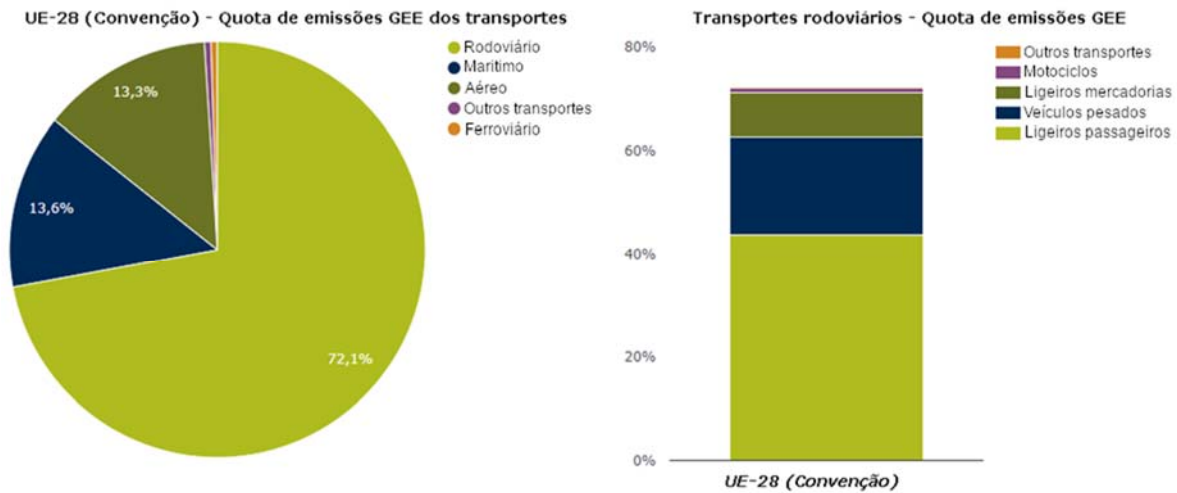


Figura 6 - Emissões Gases Efeito Estufa no Sector dos Transportes (UE-28) [5]

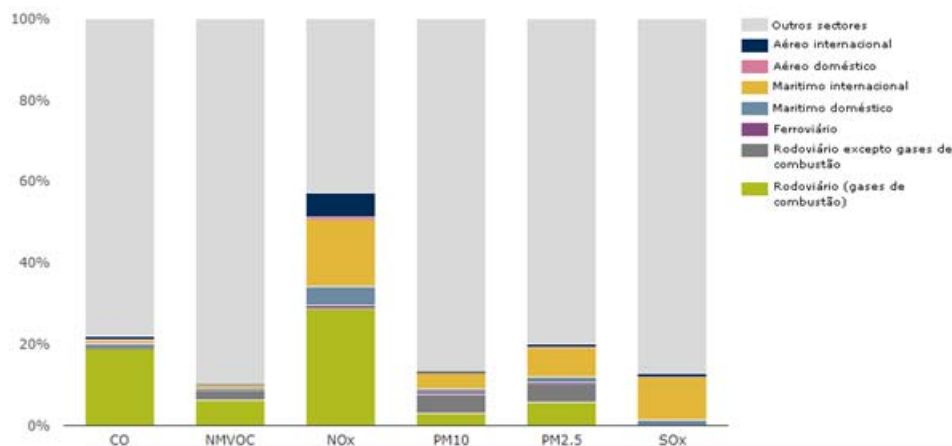


Figura 7 - Contribuição do sector dos transportes no total de emissões poluentes (UE-28) [5]

A 3 de Março de 2010, a Comissão Europeia apresentou um ambicioso plano estratégico a 10 anos, chamado “EUROPE 2020”, com o objectivo de alcançar um crescimento mais inteligente, sustentável e inclusivo. Uma das várias metas, consistiu em prosseguir com o trabalho já desenvolvido para o cumprimento do protocolo de Kyoto e reduzir as emissões de GEE em pelo menos 20%, aumentar a penetração de energias renováveis para um mínimo de 20% do consumo de energia final, e atingir um aumento de 20% em eficiência energética, tendo por base os valores registados em 1990. Ao nível dos transportes, a Comissão Europeia apresentou, em 2011, uma visão ainda mais ambiciosa, a “WHITE PAPER Road Map”, que propõe uma redução dos GEE em 20% em comparação com os níveis de 2008, até 2030, bem como uma redução de 60% em comparação com os níveis de 1990, até 2050. Além disso, ao nível dos transportes rodoviários, propõe reduzir para metade a utilização de automóveis a gasolina e a gasóleo até 2030, e retirá-los de circulação nas cidades até 2050 [6]. Através da Figura 8, é possível observar que existe uma redução significativa de emissões de gases poluentes. O modo rodoviário foi o que mais contribuiu para a maioria das reduções observadas, sendo que no período

entre 1990 e 2016, as emissões rodoviárias de CO diminuíram em 88%, de NMHCs em 89%, de NO_x em 60% e de SO_x em 99%. Em contraste, as emissões derivadas da aviação internacional e do tráfego marítimo aumentaram, sendo que, no caso da aviação internacional, as emissões de NO_x cresceram 142%, enquanto que, no caso marítimo, as emissões de NO_x e de NMHCs aumentaram 23% e 19%, respectivamente [7].

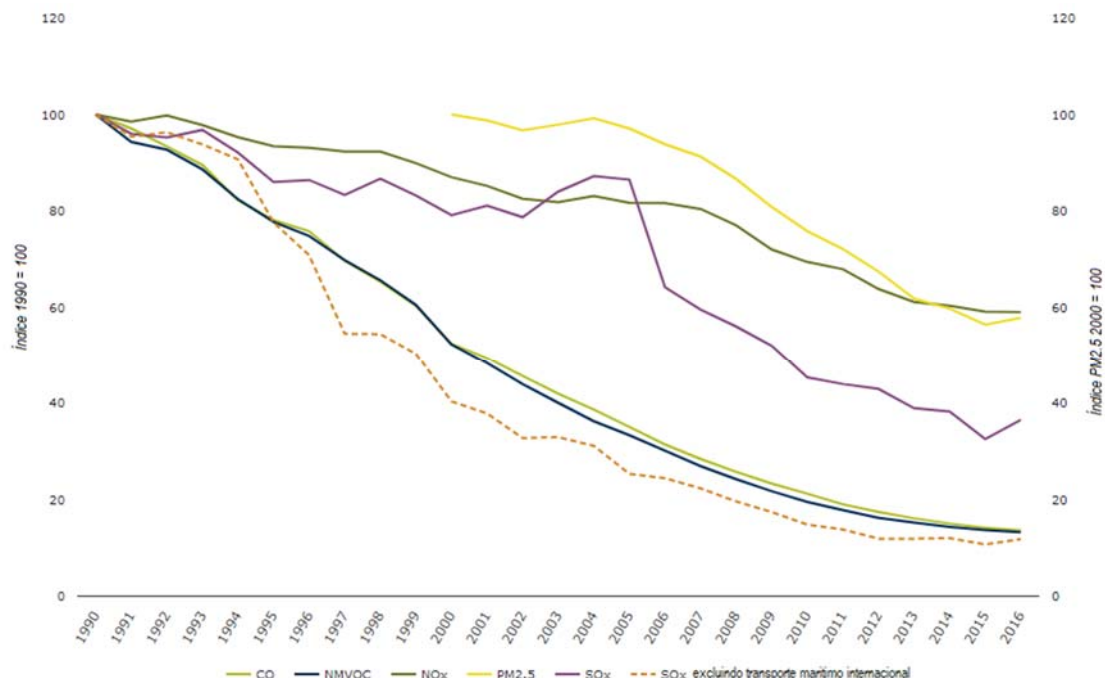


Figura 8 - Evolução das emissões de gases poluentes pelos transportes (EU-28) [5]

Em conjunto, a introdução das normas de emissões EURO [1-6], cada vez mais restritas (Tabela 1), e os elevados critérios de qualidade nos combustíveis criaram restrições que impulsionaram as reduções de gases poluentes.

Tabela 1- Normas de emissões EURO standards

Categoria	Data	CO	HC	HC+NO _x	NO _x	PM
Gasóleo						
Euro 1 ⁺	1992.07	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	0,14 (0,18)
Euro 2, IDI	1996.01	1,0	-	0,7	-	0,08
Euro 2, DI	1996.01 ^a	1,0	-	0,9	-	0,10
Euro 3	2000.01	0,64	-	0,56	0,50	0,05
Euro 4	2005.01	0,5	-	0,30	0,25	0,025
Euro 5	2009.09 ^b	0,5	-	0,23	0,18	0,005 ^e
Euro 6	2014.09	0,5	-	0,17	0,08	0,005 ^e
Gasolina						
Euro 1	1992.07	2,72 (3,16)	-	0,97 (1,13)	-	-
Euro 2	1996.01	2,2	-	0,5	-	-
Euro 3	2000.01	2,30	0,2	-	0,15	-
Euro 4	2005.01	1,0	0,1	-	0,08	-
Euro 5	2009.09 ^b	1,0	0,1 ^c	-	0,06	0,005 ^{d,e}
Euro 6	2014.09	1,0	0,1 ^c	-	0,06	0,005 ^{d,e}

* Nas categorias Euro [1,4], veículos de passageiros > 2500 kg foram aprovados na Cat. N

+ Valores em parêntesis são limites de conformidade de produção

a – Até 1999.09.30 (Depois desta data, motores DI coincidem com os limites IDI)

b – 2011.01 para todos os modelos

c – e NMHC = 0,068 g/km

d – Aplicável apenas a veículos que utilizem motores DI

e – Proposto para ser alterado para 0,003 g/km utilizando o procedimento de medição PMP

No entanto, o sector rodoviário ainda possui uma contribuição elevada. Enquanto que a maioria das suas emissões poluentes são produtos de combustão do combustível, existem emissões não relacionadas com a combustão que são maioritariamente partículas, que são libertadas através do desgaste dos pneus e dos travões, e de partículas NMHCs, libertadas através da evaporação de combustível.

Apesar das emissões de gases poluentes seguirem uma tendência decrescente, as emissões de GEE apresentam efectivamente uma tendência crescente (Figura 9), tendo mesmo crescido 26% em comparação com os valores de 1990. [7].

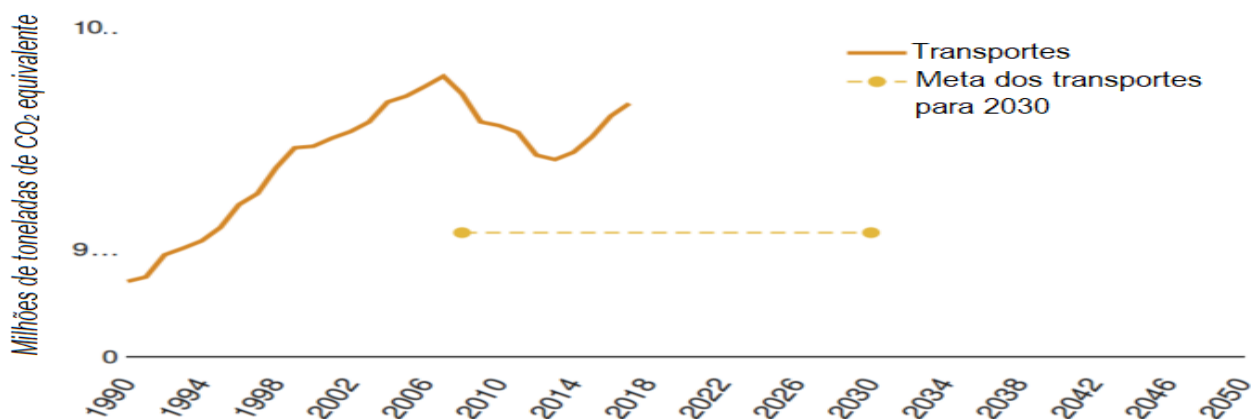


Figura 9 - Evolução de emissão de Gases de Efeito Estufa (EU-28) [7]

A resposta da Comissão Europeia ao desafio de reduzir as emissões no sector dos transportes passa por uma irreversível mudança para uma mobilidade de baixas emissões, tendo adoptado, em Julho de 2016, uma política estratégica de baixa intensidade de carbono, e de economia circular. Nesta estratégia, as áreas prioritárias de acção são:

- **Aumento da eficiência dos sistemas de transporte**, aproveitando as tecnologias digitais, o *smart pricing* e o encorajamento à mudança para modos de transporte de baixas emissões;
- **Acelerar a implementação de alternativas energéticas de baixas emissões para os transportes**, como por exemplo, biocombustíveis avançados, electricidade, hidrogénio e combustíveis sintéticos renováveis, bem como remover obstáculos à electrificação dos transportes;
- **Mudar para veículos de zero-emissões**. Enquanto são realizadas melhorias aos motores de combustão interna, é necessário acelerar a transição para veículos de baixas emissões ou de zero emissões. [8]

Simultaneamente, tem-se assistido a uma constante volatilidade do preço dos combustíveis. É neste contexto que estão a ser testadas recentes inovações tecnológicas alternativas aos motores de Combustão Interna Convencionais (ICE), bem como a utilização de combustíveis alternativos (Gás natural, Hidrogénio) ou através da electrificação de veículos - Veículos híbridos (HEV), híbridos plug-in (HPEV), eléctricos com célula de combustível (FCEV), eléctricos com bateria (BEV).

1.2 Estado da arte

É no panorama acima descrito que, ao nível do modo rodoviário, a mobilidade eléctrica se apresenta, especialmente em meio urbano, cada vez mais como uma solução interessante face aos sistemas de propulsão convencionais de combustão interna, pela sua elevada eficiência e emissão nula de poluentes locais.

Pelo *supra* referido, serão abordados, em especial, os BEV. Os BEV são veículos puramente eléctricos, que utilizam energia química armazenada em grupos de baterias recarregáveis, e a sua propulsão é efectuada apenas com recurso a motores e controladores eléctricos. A sua aceitação (traduzida em vendas) tem sido cada vez maior, e tem-se reflectido não só nos grupos entusiastas tecnológicos e/ou ambientalistas, mas, ao mesmo tempo, pelo público em geral, que procura uma alternativa urbana mais limpa e principalmente mais económica. Além disso, os primeiros clientes são tendencialmente pessoas com um poder de compra elevado, com uma formação académica superior, detentores de consciência ambiental, e/ou já proprietários de um veículo híbrido [9]. Podem ser também tomados em consideração, como factor de aceitação, os vários subsídios de fundos ambientais de incentivo à aquisição de veículos de baixas emissões, disponibilizados em alguns países europeus. Na Europa, os incentivos, e especialmente os seus valores monetários, diferem grandemente de país para país, sendo que a quota de mercado de veículos carregados electricamente é apenas substancial nos países que oferecem incentivos mais extensos. Em particular, os casos da Noruega e Suécia são casos de sucesso, uma vez que em 2017 tinham uma quota de mercado de 39,3% e 5,2%, respectivamente, sendo que, no caso oposto, nos países que não apresentaram nenhum incentivo, a quota de mercado era negligenciável (Tabela 2).

Tabela 2 – Tabela resumida de Incentivos para aquisição de veículo eléctrico por país da Europa - Eu28 + Noruega e Suíça, 2017 (fonte: www.acea.be) – Anexo A

País	Quota de mercado	GDP per Capita	Incentivos
Lituânia	0,2%	14 800 €	Não existem incentivos.
Noruega	39,3%	67 000 €	Isenção fiscal na aquisição de BEV/FCEV, redução em PHEV (até to 10.000€). Não são taxados IVA nem taxas de importação (BEV/FCEV).
Polónia	0,2%	12 100 €	Não existem incentivos.
Portugal	1,8%	18 700 €	IVA dedutível na compra de EV e PHEV. BEV estão isentos de taxas de registo (redução de 75% para PHEV).
Eslováquia	0,2%	15 600 €	Os BEV pagam a taxa mínima de registo e estão isentos do imposto de circulação.
Suécia	5,2%	47 400 €	Está disponível um Bónus para a aquisição de novos veículos com emissões de CO ₂ até no máximo 60g/km. Cinco anos de isenção do imposto de circulação para os BEV e PHEV.

Inicialmente, o portefólio de modelos eléctricos disponíveis pelos fabricantes era pequeno. No entanto, este foi substancialmente aumentado para dar resposta à procura de um mercado dominado pelas

vendas dos modelos Nissan Leaf e dos Tesla Model S, numa gama superior. Actualmente, é possível encontrar BEV em quase todas as gamas dominadas tradicionalmente por ICEV, chegando alguns fabricantes a apresentar modelos convencionais e eléctricos concorrentes entre si na mesma gama.

Em linha com as políticas estratégicas europeias, este contexto veio a traduzir-se num maior investimento do sector automóvel, que resulta invariavelmente em melhorias e desenvolvimentos tecnológicos na área dos veículos eléctricos, bem como a sua massificação, que tem como efeito a redução de custos.

Face aos ICEV, os BEV apresentam algumas características que os diferenciam. A sua caracterização será estudada em maior detalhe no capítulo seguinte, mas é possível assinalar para já algumas das suas características essenciais. Os motores eléctricos são mais eficientes do que os motores de combustão interna, pois têm menos perdas térmicas e mecânicas, sendo a eficiência estimada do ICEV entre 25% a 30%, e do BEV entre 90% a 95% [10]. Isso traduz-se em menores consumos energéticos (atingindo uma maior eficiência energética) e, conseqüentemente, em menores custos de utilização (€/km), bem como em menor ruído.

Além disso, é um sistema relativamente pouco complexo ao nível de peças móveis, sendo a sua manutenção periódica menos exigente e menos propensa a intervenções correctivas [11]. A energia disponível é armazenada quimicamente em conjuntos de baterias recarregáveis, não sendo necessário nenhum tipo de motor auxiliar para produção de electricidade, como no caso dos veículos PHEV (que utilizam, em simultâneo, tecnologia convencional), logo, são veículos que emitem zero emissões localmente. Em ambientes urbanos, a utilização massiva dos BEV poderá ter conseqüências positivas na qualidade do ar, baixando a concentração de poluentes a que a população urbana está exposta. Em termos de análise da pegada ambiental dos BEV, a fase que mais contribui para a emissão de GEE é a fase de Análise de Ciclo de Vida *Well-to-tank* (WTW), que contribui entre 59% a 62% (em comparação com 75% a 79% no caso dos ICEV) do total das suas emissões em análise total de ciclo de vida. Dependendo da forma como a energia eléctrica é produzida, os seus impactes podem ser positivos ou negativos, pelo que quanto maior for a penetração de energias renováveis, menores serão as emissões equivalentes dos EV [12][13]. Em comparação com o ICEV, a análise WTW de um BEV é 32% a 47% inferior. No entanto, contabilizando a produção do veículo, a sua manutenção e fim de vida (uma análise *Cradle-to-grave* - CTG), ao nível das emissões equivalentes de GEE, estas são 24% superiores em relação ao ICEV, principalmente devido à produção das baterias. [14]

No entanto, os BEV ainda apresentam um conjunto de limitações face à tecnologia convencional, que dificultam a electrificação da mobilidade. A nível tecnológico, a grande limitação reside na forma de armazenamento de energia – nas baterias, sendo que a grande maioria dos EV vêm equipados com baterias de iões de lítio. Estas baterias não são energeticamente muito densas em comparação com os combustíveis fósseis, [10] pelo que a autonomia ainda é muito limitada face aos ICEV, e o tempo de carregamento ainda é substancialmente superior a um abastecimento de combustível, mesmo com tecnologias de carregamento rápido, o que inviabiliza a sua utilização para viagens muito longas, quer pela autonomia, quer pelo tempo de carregamento. A repetidos ciclos de carregamento estão associados fenómenos de degradação de baterias que afectam a capacidade total de armazenamento

energético, pelo que estas têm de ser substituídas esporadicamente. Sendo a bateria um dos elementos mais dispendiosos de um EV (por exemplo, actualmente o custo de uma bateria nova de um Nissan Leaf, ronda os 7.000€ [15]), este procedimento vem aumentar significativamente o preço de manutenção. Ao mesmo tempo que a redução de ruídos vem reduzir a poluição sonora em ambientes urbanos, o seu funcionamento silencioso tem impactes na segurança rodoviária, principalmente para peões, ciclistas e animais, sendo necessário especial cuidado na circulação perto dos mesmos. Esta necessidade levou à obrigatoriedade de emissão de ruídos artificiais a baixas velocidades, de modo a minimizar os riscos. [16]

Ao nível das infra-estruturas, a grande limitação reside na capacidade de carregamento de energia. A nível urbano, é muito complicado garantir um carregamento doméstico pela inexistência de garagens, especialmente em locais de elevada densidade populacional, sendo por isso necessário recorrer a postos de carregamento públicos, que de momento, ainda existem em pouca quantidade e acessibilidade.

Com este cenário definido, é necessário verificar, face às tecnologias disponíveis actualmente e aos constrangimentos existentes, quais os condutores que podem efectivamente adoptar uma mobilidade eléctrica e quais os que têm padrões de mobilidade que os excluem, tendo em conta as utilizações desempenhadas pelo veículo. Recentemente, foi desenvolvido um estudo que avaliou a aplicabilidade da mobilidade eléctrica, baseado em dados de monitorização de condução real [17]. Este estudo foi conduzido em Lisboa, uma cidade caracterizada pela existência de muitas estradas locais, de declive acidentado, principalmente nas zonas centrais e históricas. Estas características permitem um potencial de poupança energética significativo, na ordem dos 60% a 70%, principalmente no sentido descendente, devido aos efeitos de regeneração. A aplicabilidade eléctrica tem maior probabilidade de ser viável à medida que a distância percorrida diariamente é menor, sendo mais adequada para viagens pendulares durante os dias de semana, para deslocações de trabalho ou estudo. Outro dos factores a ter em consideração no consumo energético é a forma como se conduz. Os condutores com condução mais agressiva, devido a mudanças de aceleração acentuadas, têm consumos energéticos muito superiores - por vezes até 5 vezes superiores, quando comparados com outros condutores com padrões de aceleração não agressivos - e a sua elegibilidade eléctrica pode ficar comprometida por questões de autonomia. Uma das possíveis formas de maximizar a quantidade de condutores elegíveis passa pelo incentivo à adopção de um comportamento de eco-condução, que permite reduções de consumos energéticos, quando comparados com outros condutores sem esse comportamento. [18][19]

Apesar dos constrangimentos, o nível de satisfação demonstrado pelos proprietários privados de veículos eléctricos é positivo e os condutores adaptam-se facilmente ao veículo, sendo que os seus receios iniciais acerca do funcionamento, da autonomia e das infra-estruturas são facilmente ultrapassados. As principais motivações para a aquisição tiveram em consideração questões ambientais e económicas, sendo que a adopção de uma mobilidade eléctrica também teve impacto na forma de condução, tornando-a menos agressiva, menos veloz, bem como mais económica, pois apesar do elevado custo de aquisição, a diferença de custo de operação é compensadora. Por outro lado, os principais factores negativos apontados são a limitação tecnológica da autonomia e as infra-

estruturas da rede de postos de carregamento, que ainda não se encontra totalmente desenvolvida. [20]

1.3 Objectivos

Considerando o contexto introduzido anteriormente no enquadramento, o âmbito deste trabalho passa por quantificar os impactes energéticos e ambientais de veículos eléctricos, com recurso a uma comparação entre a utilização real de um veículo convencional e uma simulação de utilização potencial de um veículo eléctrico, ambos baseados em dados reais de condução, usando como caso de estudo 62 condutores na área metropolitana de Lisboa.

Assim sendo, as tarefas específicas deste trabalho passaram por:

- **Caracterizar individualmente um grupo de condutores com base nos seus padrões reais de condução**
Com recurso a uma plataforma de monitorização on-line, foram registados dados de condução real em estrada, de modo a obter uma caracterização dia-a-dia da sua mobilidade, sendo que a cada veículo foi admitido apenas um condutor.
- **Modelar o grupo de condutores em veículos eléctricos consoante a sua tipologia de trabalho**
Através dos dados recolhidos, foi possível definir um padrão de condução assente em distribuições de potência a cada hora e a cada tipo de dia (dias de semana e de fim de semana). Consoante o tipo de trabalho desenvolvido e a tipologia do veículo monitorizado, este foi atribuído a uma categoria, e foi, de seguida, modelado por um EV dessa tipologia. O veículo modelado tem um consumo energético específico em cada modo de potência, sendo que ao aplicar o padrão de condução específico de cada condutor, foi possível quantificar o seu consumo energético.
- **Desenvolver metodologia que permitisse classificar elegibilidade eléctrica**
Esta metodologia teve em conta o consumo energético médio de cada condutor, a cada hora e a cada dia de semana, bem como a energia carregada com base na disponibilidade para efectuar carregamento, tendo em conta diversos cenários de disponibilidade de carregamento. Nesta metodologia, foi abordado apenas carregamento lento, para uma análise mais conservadora. Com base na energia gasta e na energia carregada, foi possível definir o estado de carga (SOC) das baterias. Tendo em conta os cenários definidos, sempre que o EV modelado atingisse um SOC nulo, o condutor era automaticamente excluído da classificação de elegível para a mobilidade eléctrica. Esta primeira análise foi meramente qualitativa.
- **Quantificar impactes energéticos e ambientais (emissões de CO₂) para os condutores elegíveis para a mobilidade eléctrica**
Esta metodologia consistiu, depois de efectuada a validação de elegibilidade eléctrica de cada condutor e em cada cenário, em efectuar uma análise quantitativa dos impactes energéticos e ambientais dos condutores elegíveis caso estes transitassem para a mobilidade eléctrica.

1.4 Estrutura da Tese

Esta tese encontra-se dividida em cinco capítulos distintos, sendo que cada um deles está organizado em alguns subcapítulos.

No capítulo 1 (Introdução), é feita uma introdução ao trabalho desenvolvido e aqui apresentado, enquadrando o leitor à sua temática. Neste mesmo capítulo, são igualmente definidos os objectivos, de modo a cumprir a motivação do problema.

No capítulo 2 (Conceitos), é realizada a análise das forças envolvidas num veículo, bem como a apresentação da metodologia VSP, que é indispensável para a compreensão das metodologias utilizadas. Neste mesmo capítulo, está também incluída uma descrição dos conceitos relacionados com a mobilidade eléctrica necessários para o entendimento do trabalho desenvolvido.

No capítulo 3 (Dados e métodos), estão apresentados todos os processos e metodologias propostas, sendo descritos todos os detalhes relativos à obtenção dos dados através da monitorização em estrada e caracterização dos diferentes perfis de condução obtidos. Para além disso, é também apresentada, em detalhe, a metodologia que motivou o desenvolvimento da ferramenta de análise e o modo da sua subsequente implementação. É também nesta secção que são apresentados os cenários de análise, quais são os *inputs* e *outputs*, e de que forma estes se apresentam relacionados e relevantes.

No Capítulo 4 (Resultados), são apresentados os resultados obtidos com recurso à ferramenta desenvolvida, de modo a poder efectuar uma análise sobre os impactes das novas tecnologias de propulsão tendo como base os perfis de condução dos condutores. Fazendo inicialmente uma análise qualitativa em diferentes cenários, é possível verificar quais os condutores que, consoante os seus perfis de condução, são elegíveis para a mobilidade eléctrica. Após a análise qualitativa, é efectuada e aqui descrita uma análise quantitativa, e são verificados quais os impactes energéticos e ambientais caso se adopte a mobilidade eléctrica.

No capítulo 5 (Conclusões e trabalho futuro), com base nos resultados obtidos, é feita uma conclusão de todo o trabalho desenvolvido, discutindo os resultados obtidos e os erros que lhes estão associados.

2 Conceitos

Neste capítulo, serão expostos e tratados os conceitos necessários para contextualizar o leitor no âmbito desta dissertação e das várias metodologias aplicadas e implementadas. Assim, foram desenvolvidos conceitos como as forças aplicadas a um veículo em movimento, a metodologia VSP e foram, ainda, abordadas as características de um veículo eléctrico.

2.1 Dinâmica do veículo

Forças aplicadas ao veículo

Quando um veículo se encontra em movimento, este fica sujeito a várias forças. Estas forças podem ser consequência do seu movimento (aceleração, velocidade, direcção, etc) ou da sua interacção com o meio à sua volta (gravidade, forças aerodinâmicas, etc), sendo possível utilizar um sistema de coordenadas que assume que a massa está aplicada no centro de gravidade (CG), e que todas as forças e binários estão aplicados sobre os eixos lateral, longitudinal e vertical do mesmo, como apresentado na Figura 10.

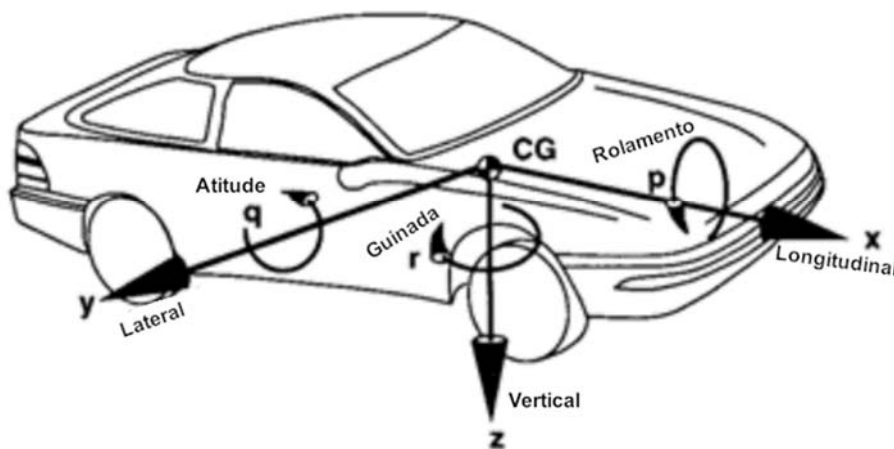


Figura 10 - Sistema de coordenadas de um veículo [21]

A maioria das forças aplicadas pelo movimento e pelo meio circundante estão concentradas no eixo longitudinal, que é onde as forças de aceleração, travagem, velocidade, declive da estrada, forças de rolamento e aerodinâmicas sobre o veículo estão aplicadas. Tendo este facto em consideração, é possível utilizar a segunda lei de Newton para representar todas estas forças neste eixo.

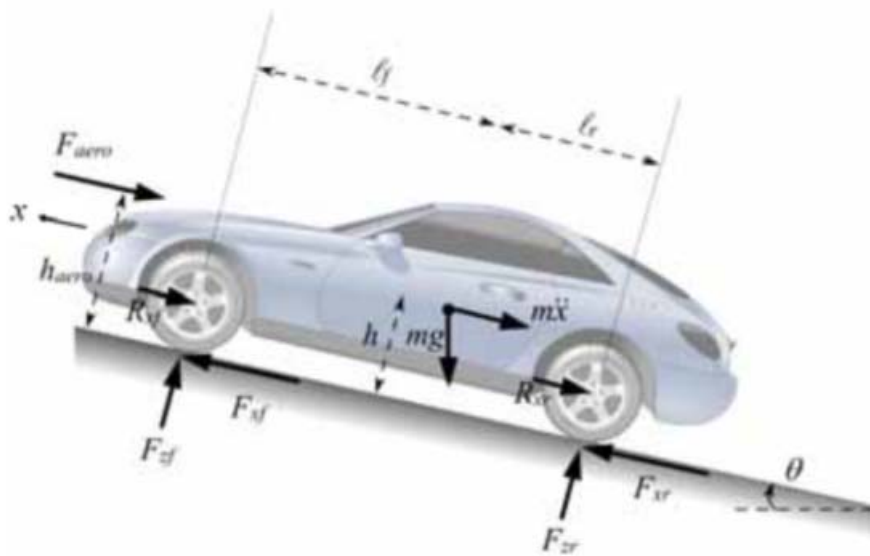


Figura 11 - Forças aplicadas a um veículo [22]

Na Figura 11, estão representadas as forças externas (incluindo forças aerodinâmicas, forças gravitacionais, forças de tracção e forças de rolamento) a que um veículo está sujeito quando este circula numa estrada, com um determinado declive, nomeadamente:

- F_{xf} Força longitudinal, aplicada pelas rodas da frente [kN]
- F_{xr} Força longitudinal, aplicada pelas rodas de trás [kN]
- F_{aero} Força longitudinal de atrito aerodinâmico [kN]
- R_{xf} Força longitudinal de atrito de rolamento nas rodas da frente [kN]
- R_{xr} Força longitudinal de atrito de rolamento nas rodas de trás [kN]
- m Massa do veículo [kg]
- θ Ângulo do declive da estrada [°]
- g Aceleração gravítica [m/s^2]
- h Altura do centro de gravidade do veículo [m]
- h_{aero} Altura da actuação das forças aerodinâmicas [m]
- l_f Distância entre o eixo da frente e o centro de gravidade do veículo [m]
- l_r Distância entre o eixo de trás e o centro de gravidade do veículo [m]
- F_{z_f} Reacção normal aplicada às rodas da frente [kN]
- F_{z_r} Reacção normal aplicada às rodas de trás [kN]

O balanço de forças aplicadas ao veículo pode então ser escrito, de acordo com a segunda lei de Newton, conforme a Eq. 1:

$$m\ddot{x} = F_{xf} + F_{xr} - R_{xf} - R_{xr} - F_{aero} - mg \sin \theta \quad \text{Eq. 1}$$

Forças de tracção

As forças F_{xf} e F_{xr} são de tracção. Estas são forças de atrito entre o chão e o pneu da roda. As forças de tracção dependem de um factor de escorregamento (σ), da reacção normal nas rodas e de um coeficiente de interacção estrada-pneu. Assumindo que as Reacções normais e que o coeficiente de atrito são constantes, então as forças de tracção F_{xf} e F_{xr} são calculadas através da Eq. 2 e Eq. 3, sendo $C_{\sigma f}$ e $C_{\sigma r}$ factores de rigidez longitudinal dos pneus para a frente e para trás, e σ_{xf} e σ_{xr} factores de escorregamento para a parte dianteira e traseira, respectivamente. Estas equações apenas são consideradas válidas se não ocorrer escorregamento entre a banda de rodagem do pneu e o solo.

$$F_{xf} = C_{\sigma f} \sigma_{xf} \quad \text{Eq. 2}$$

$$F_{xr} = C_{\sigma r} \sigma_{xr} \quad \text{Eq. 3}$$

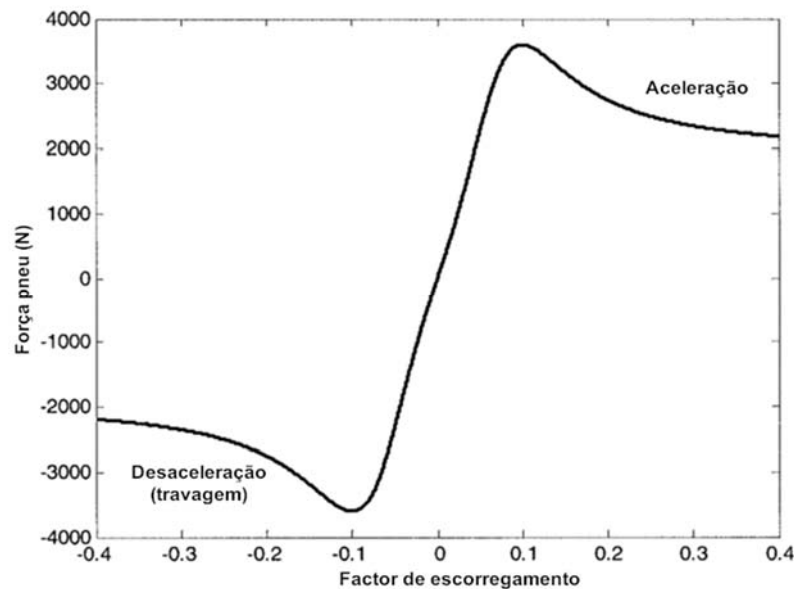


Figura 12 - Rigidez longitudinal em função do factor de escorregamento [22]

A rigidez longitudinal é uma relação tangencial entre a rigidez do pneu e a sua distância de contacto. A força crítica de tracção antes de ocorrer escorregamento depende da carga aplicada ao pneu e do maior coeficiente de aderência à estrada μ_p :

$$F_x \text{ crítico} = C_{\sigma} \sigma_x \text{ crítico} = \frac{\mu_p F_z}{2} \quad \text{Eq. 4}$$

Se ocorrer escorregamento, então a força de tracção total irá ter em consideração os componentes do escorregamento e de aderência:

$$F_x = \mu_p F_z \left(1 - \frac{\mu_p F_z}{4 C_{\sigma} \sigma_x} \right) \quad \text{Eq. 5}$$

É necessário ter em consideração a distinção entre a velocidade longitudinal do veículo e a velocidade equivalente devido à rotação da roda, ao utilizar os modelos pneu-roda e modelos para a deformação

do pneu. Estas considerações sofrem alterações quando são consideradas rodas motrizes ou não, bem como situações de aceleração ou travagem.

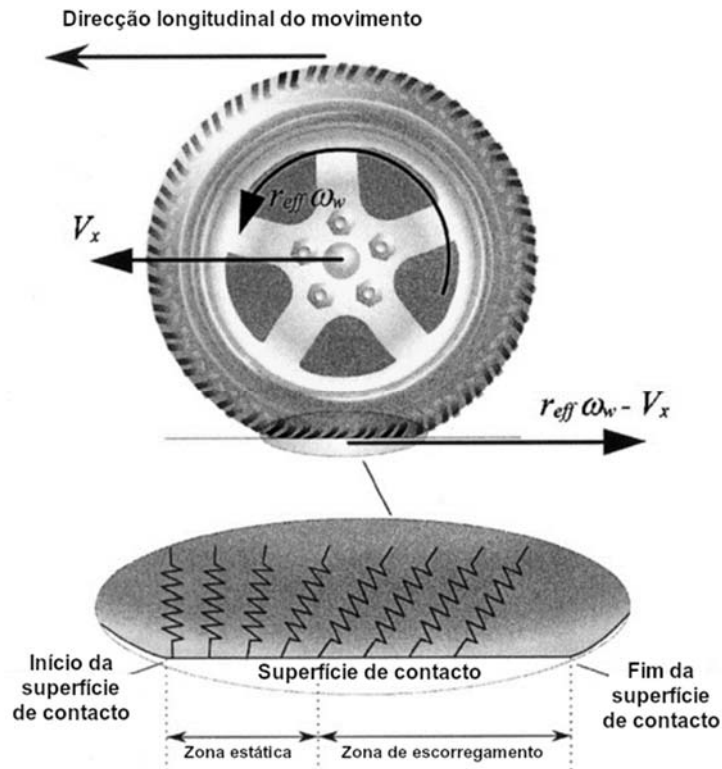


Figura 13 - Forças longitudinais numa roda motriz [22]

Como observado na Figura 13, existe uma diferença entre a velocidade longitudinal e a velocidade equivalente devido à rotação. É possível definir o coeficiente de escorregamento longitudinal através da diferença entre a velocidade longitudinal (V_x) e a velocidade da roda devido à rotação (ωr_{ef}), onde r_{ef} representa o raio efectivo do pneu. r_{ef} pode ser definido através da Eq. 8, sendo $2a$ o comprimento longitudinal da superfície de contacto com o solo, ϕ o ângulo efectuado pela linha radial e a superfície de contacto e t , a duração e tempo que um elemento do pneu demora a percorrer metade da superfície de contacto:

$$\sigma_x = \frac{\omega r_{ef} - V_x}{V_x}, \text{ durante a travagem} \quad \text{Eq. 6}$$

$$\sigma_x = \frac{\omega r_{ef} - V_x}{\omega r_{ef}}, \text{ durante a aceleração} \quad \text{Eq. 7}$$

$$V_{eff} = r_{ef} \omega_w = \frac{a}{t} \quad \text{Eq. 8}$$

sendo que:

$$\omega_w = \frac{\phi}{t} \quad \text{Eq. 9}$$

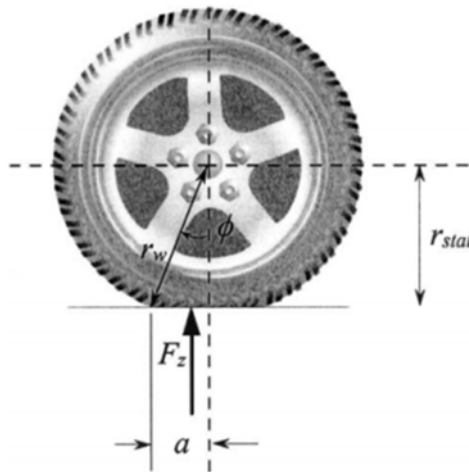


Figura 14 - Raio efectivo de um pneu [22]

No caso das rodas motrizes, em aceleração existe uma compressão dos elementos da banda de rodagem do pneu, na superfície de contacto. Com o aumento de elementos que aderem à estrada, a distribuição de forças longitudinal também aumenta de forma linear desde o início da superfície de contacto até ao final da mesma, antes da recuperação da forma radial.

No caso das rodas não motrizes, também existe compressão da banda de rodagem do pneu, reduzindo o raio e alterando a forma do mesmo, no entanto na última parte da superfície de contacto começa a surgir a recuperação de forma radial, reduzindo a distribuição de forças longitudinal, ocorrendo escorregamento entre a estrada e a banda. Durante a travagem, as considerações são semelhantes. A força longitudinal aumenta de forma linear nas rodas motrizes, enquanto que existe escorregamento nas rodas não motrizes. Devido ao escorregamento, as seguintes considerações deverão ser tidas em conta para as rodas motrizes e não motrizes, $\omega r_{ef} > V_x$ e, $\omega r_{ef} < V_x$ respectivamente.

Forças de Resistência de rolamento

À medida que o pneu roda, tanto o pneu como a estrada estão sujeitos a deformações na superfície de contacto, no entanto, como a estrada é muito mais resistente que o pneu, a sua deformação é desprezável. As forças de resistência de rolamento podem ser definidas como as perdas de energia resultantes dessa deformação e podem ser representadas como uma força aplicada nos pneus que actua contrariando o movimento do veículo. Quando o pneu volta à sua forma original, parte da energia não é recuperada, uma vez que é dissipada na forma de calor devido ao amortecimento da borracha. A perda de energia através da deformação do pneu resulta igualmente numa distribuição assimétrica, sobre a superfície de contacto. A abordagem convencional, passa por definir as forças aplicadas nos pneus como proporcionais às reacções normais aplicadas nas rodas (F_{zf} e F_{zr}) e f é o coeficiente de resistência de rolamento.

$$R_{xf} = fF_{zf} \quad \text{Eq.10}$$

$$R_{xr} = fF_{zr} \quad \text{Eq. 11}$$

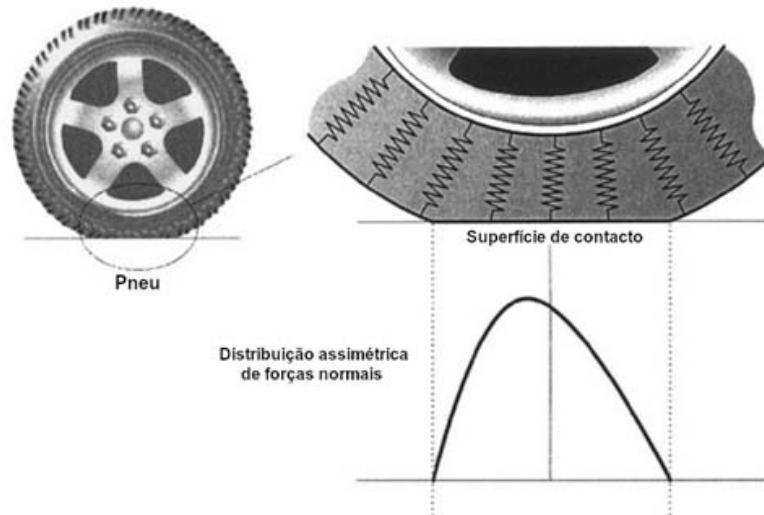


Figura 15 - Distribuição assimétrica na superfície de contacto [22]

Quando considerando pneus radiais circulando numa estrada suave, com cargas e nível de pressão adequados, o coeficiente de resistência de rolamento f depende da velocidade do veículo (V_x), de acordo com dados experimentais.

$$f = 0,0136 + 0,40 \times 10^{-7} V_x \quad \text{Eq. 12}$$

A Eq. 12 apenas é válida para velocidades até 150 km/h. O valor do coeficiente de resistência de rolamento costuma apresentar valores que variam entre os 0,01 até 0,04. Para veículos de transporte de passageiros, equipados com pneus radiais, o seu valor típico assume um valor de 0,015.

As cargas normais aplicadas nas rodas (F_{zf} e F_{zr}) são influenciadas pela localização do centro de gravidade, pela aceleração longitudinal do veículo, pelas forças aerodinâmicas aplicadas, e pelo declive da estrada. Assumindo que o binário aplicado é constante e que o ângulo de picada é estacionário nessa condição, e determinar que os momentos são aplicados em torno do ponto onde a roda de trás tem contacto com o solo, é possível determinar com recurso à segunda lei de Newton F_{zf} . Para determinar F_{zr} , é determinado que os momentos são aplicados em torno das rodas dianteiras. Assim temos:

$$F_{zf} = \frac{-F_{aero}h_{aero} - m\ddot{x}h - mgh\sin(\theta) + mgl_r\cos(\theta)}{l_f + l_r} \quad \text{Eq. 13}$$

$$F_{zr} = \frac{F_{aero}h_{aero} + m\ddot{x}h + mgh\sin(\theta) + mgl_f\cos(\theta)}{l_f + l_r} \quad \text{Eq. 14}$$

É possível concluir que quando o veículo acelera, a reacção normal nas rodas da frente diminui enquanto a reacção normal nas rodas de trás aumenta.

Forças Aerodinâmicas

As forças aerodinâmicas resultam do escoamento do ar em torno do veículo, à medida que ele se desloca, e tem componentes de sustentação e de atrito. A sustentação é um componente vertical e tem influência na posição da gravidade. Em carros de alta performance, procura-se obter sustentação

negativa de modo a aumentar as componentes de força F_{zf} e F_{zr} , aumentando deste modo as forças de tracção.

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \rho C_d A (V_{xv} + V_{wind})^2 \quad \text{Eq. 15}$$

$$V_x = V_{xv} + V_{wind} \quad \text{Eq. 16}$$

$$F_{lift} = \frac{1}{2} \rho V_x^2 A C_l \quad \text{Eq. 17}$$

As Eq. 15 e Eq. 17 correspondem às componentes de atrito aerodinâmico e de sustentação, respectivamente. No caso das forças de atrito aerodinâmico, estas estão relacionadas entre a densidade do ar (ρ), o coeficiente adimensional de atrito aerodinâmico relacionado com as características de forma (C_d), a área frontal projectada (A), e a velocidade de aproximação do escoamento (V_x), sendo esta composta pela velocidade do veículo na direcção em que viaja, $V_{xv} = \dot{x}$, e pela velocidade do vento, sendo este positivo se estiver em frente para o veículo. Para veículos de passageiros, a área frontal projectada é habitualmente 79% a 84% da área calculada através da altura e da largura. Para veículos com massa entre os 800 e os 2000 kg, a área frontal pode ser aproximada com recurso à equação:

$$A = 1,6 + 0,00056(m - 765) \quad \text{Eq. 18}$$

Alguns aspectos que afectam o coeficiente C_d , são a distância ao solo, entradas de ar, abas das rodas, e a forma geral do veículo que afecta as linhas de corrente e a separação do escoamento em torno do veículo.

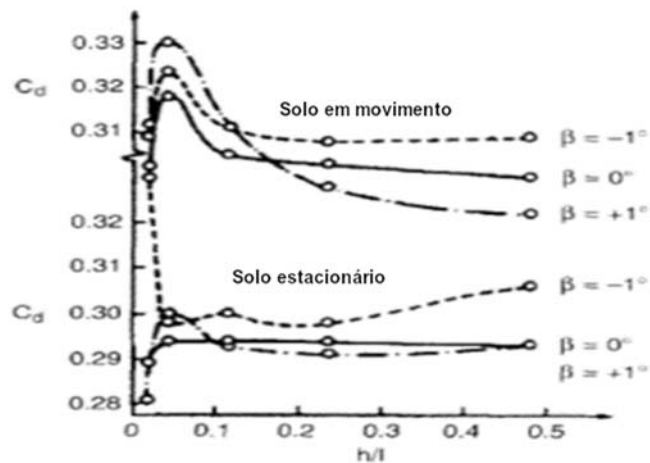


Figura 16 - Efeitos da altura ao solo no C_d [23]

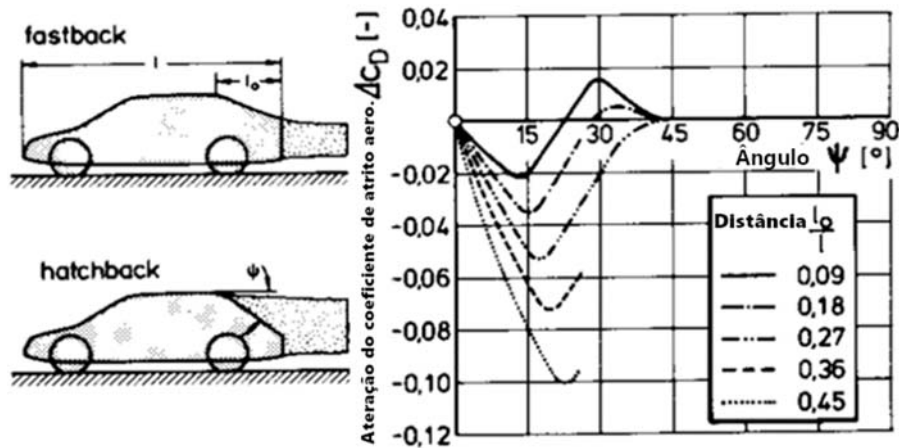


Figura 17 - Influência do comprimento da parte traseira (l_0) e do ângulo traseiro (ψ) no C_d [21]

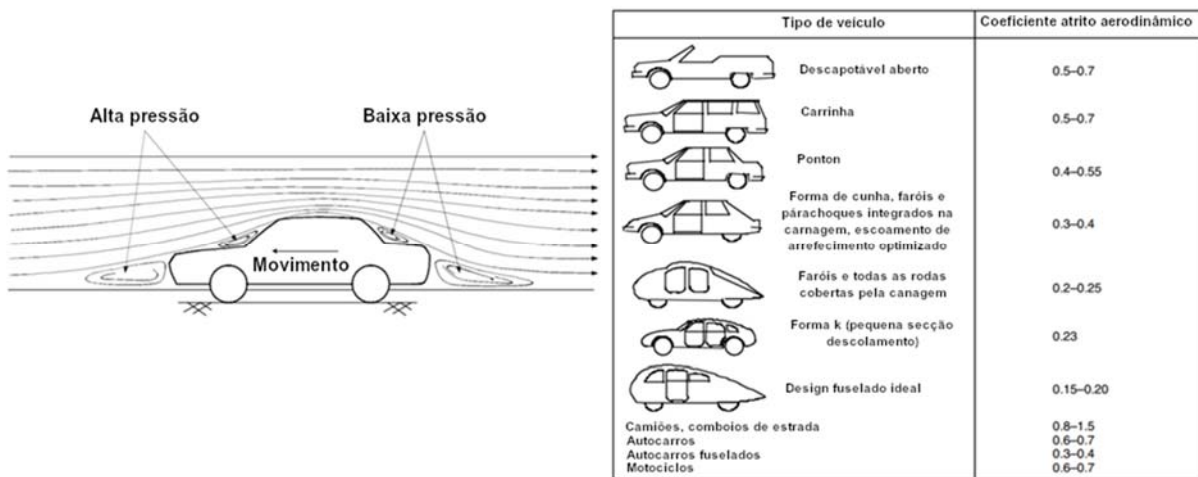


Figura 18 - C_d para várias formas geométricas [24]

Tabela 3 - Várias contribuições para o C_d

	Sedan rectangular (1970's)	Hatchback aerodinâmico (1980's)
Forma fuselada ideal	0,25	0,15
Rodas, transmissão e suspensão	0,35	0,25
Escoamento de ar do radiador	0,40	0,27
Irregularidades de superfície (frisos, portas, vidros, ...)	0,45	0,30

O veículo moderno assume normalmente valores C_d próximos de 0,3 dependendo da forma. [23]

Potência requerida

O modelo dinâmico de forças aplicadas ao veículo são simplificações baseadas nos vários componentes de força aplicados ao veículo. Quando este se desloca a uma dada velocidade V_x , é possível calcular a potência requerida para cumprir com determinadas condições de viagem (velocidade, aceleração e declive de estrada).

$$P_{carga} = P_{pneus} + P_{ar} + P_{inercia} + P_{declive} \quad \text{Eq. 19}$$

$$P_{pneus} \approx fmgV_x \quad \text{Eq. 20}$$

$$P_{ar} = \frac{1}{2} \rho V_x^3 AC_d \quad \text{Eq. 21}$$

$$P_{inercia} = \frac{1}{2} \varepsilon m \frac{\Delta V_x}{\Delta t} V_x \quad \text{Eq. 22}$$

$$P_{declive} = mgV_x \text{sen}\theta \quad \text{Eq. 23}$$

Na Eq. 20 foi assumido que F_z é equivalente à massa do veículo multiplicada pela velocidade; a Eq. 21 é a aplicação directa da Eq. 15 assumindo que $V_{wind} = 0$, multiplicando pela velocidade do veículo; a Eq. 22 considera um termo inercial devido a aceleração e introduz um termo ε , que inclui o efeito rotacional dos componentes de propulsão, sendo este dependente da mudança – valores típicos de 0,25 em primeira, 0,15 em segunda, 0,10 em terceira até 0,075 em quarta [25]; a Eq. 23 representa o termo correspondente ao declive na Eq. 1, multiplicado pela velocidade para obter a potência requerida corresponde ao declive da estrada.

2.2 Metodologia VSP

A metodologia VSP foi apresentada inicialmente como uma metodologia alternativa para estudos e avaliações de emissões poluentes. O VSP fornece uma simplificação às forças aplicadas a um veículo (descritas em detalhe na secção anterior) e contabiliza o total de potência de tracção disponível por unidade de peso para qualquer veículo, independentemente da forma como essa potência é gerada. Uma vez conhecido o valor de VSP para qualquer instante, a velocidade e aceleração não acrescentam qualquer informação adicional, pois o método agrupa pontos com diferentes condições de funcionamento e características em valores homogéneos de potência por unidade de peso.

Ao utilizar esta metodologia, é possível comparar o desempenho de veículos com diferentes tecnologias de propulsão, tendo por base a potência requerida em cada momento específico de condução.

O termo VSP – *Vehicle Specific Power* é definido como a potência instantânea por unidade de massa do veículo. Esta potência instantânea é a potência gerada pelo motor para superar as resistências de rolamento e de atrito aerodinâmico, bem como aumentar as energias potenciais e cinéticas do veículo. É semelhante ao produto da velocidade e de uma aceleração equivalente, que inclui os efeitos do declive da estrada e da resistência de rolamento, adicionando um termo para resistência aerodinâmica, que é proporcional ao cubo da velocidade instantânea [26]:

$$\begin{aligned} VSP &= \frac{\frac{d}{dt}(E_{cinética} + E_{potencial}) + F_{rolamento} \cdot v + F_{aerodinâmica} \cdot v}{m} = \\ &= \frac{\frac{d}{dt}(\frac{1}{2}m \cdot (1 + \varepsilon_i) \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h) + C_r \cdot m \cdot g \cdot v + \frac{1}{2} \rho_a \cdot C_d \cdot A \cdot (v + v_w)^2}{m} = \\ &= v \cdot [a \cdot (1 + \varepsilon_i) + g \cdot \text{declive} + g \cdot C_r] + \frac{1}{2} \rho_a \cdot \frac{C_d \cdot A}{m} \cdot (v + v_w)^2 \cdot v \end{aligned} \quad \text{Eq. 24}$$

Onde:

- v : Velocidade do veículo [m/s]
- a : Aceleração do veículo [m/s²]
- ϵ_i : Equivalente de massa rotacional dos componentes de propulsão (volante do motor e engrenagens da caixa de velocidades). O sufixo i indica que este é dependente da mudança [24]
- h : Altitude do veículo [m]
- $grade$: Declive da estrada [%]
- g : Aceleração gravítica [m/s²]
- C_R : Coeficiente de resistência de rolamento
- C_D : Coeficiente de resistência de atrito aerodinâmico
- A : Área frontal projectada do veículo [m²]
- ρ_a : Densidade do ar ambiente [kg/m³]
- m : Massa do veículo [kg]
- As unidades de VSP são expressas em W/kg.

É possível aproximar a Eq. 24, simplificando os termos da resistência de rolamento, e de resistência aerodinâmica para um veículo ligeiro:

$$VSP = v \cdot (1,1 \cdot a + 9,81 \cdot grade + 0,132) + 3,02 \cdot 10^{-4} \cdot v^3 \quad \text{Eq. 25}$$

A cada ponto da viagem é atribuído um valor de VSP que pode ser agrupado em modos específicos. A metodologia adoptada nesta tese (e que vai ser abordada no próximo capítulo) utilizou uma distribuição em 14 modos, como representado na Tabela 4.

Tabela 4 - Concatenação de VSP e W/kg por modo

<i>Modo VSP</i>	<i>W/kg</i>	<i>Modo VSP</i>	<i>W/kg</i>
1	VSP < -2	8	13 ≤ VSP < 16
2	-2 ≤ VSP < 0	9	16 ≤ VSP < 19
3	0 ≤ VSP < 1	10	19 ≤ VSP < 23
4	1 ≤ VSP < 4	11	23 ≤ VSP < 28
5	4 ≤ VSP < 7	12	28 ≤ VSP < 33
6	7 ≤ VSP < 10	13	33 ≤ VSP < 39
7	10 ≤ VSP < 13	14	VSP > 39

2.3 Características de um veículo eléctrico

Em termos de arquitectura dos veículos eléctricos disponíveis, eles não apresentam diferenças exteriores significativas face aos ICEV. O sistema de propulsão de um veículo eléctrico pode ser dividido em três categorias de subsistemas (Figura 21): sistema de armazenamento de energia, sistema de propulsão eléctrica, e auxiliares, porquanto a grande diferença entre os modelos convencionais e os EV se encontra principalmente no sistema de propulsão eléctrica e no sistema de armazenamento de

energia (Figura 19 e Figura 20). Os sistemas auxiliares são compostos pela bomba de direcção hidráulica (direcção assistida), pela unidade de climatização do habitáculo e pela unidade de alimentação auxiliar, não sendo muito diferentes dos apresentados nos veículos convencionais.



Figura 19 – Smart ICEV (esquerda) e Smart EV (direita) [27][28]



Figura 20 - Corte lateral de um Nissan Leaf [29]

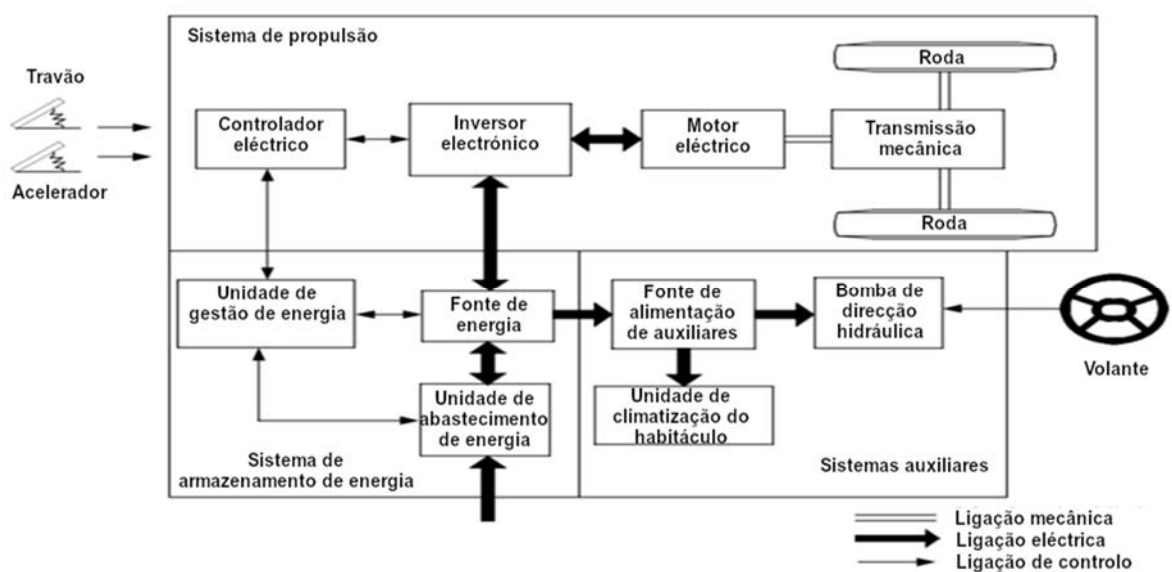


Figura 21 - Configuração conceptual de um EV [24]

Sistema de armazenamento de energia

O sistema de armazenamento de energia de um veículo eléctrico é composto pelo conjunto de baterias, pela unidade de controlo de energia e pela unidade de recarregamento eléctrico. Este sistema é um componente de grandes dimensões e é também o mais pesado, encontrando-se geralmente instalado na parte inferior dos veículos (Figura 22). Sendo uma distribuição quase uniforme de massa, faz com que o centro de gravidade do veículo seja mais baixo e central geometricamente, tendo, por isso, efeitos na condução, tornando o veículo mais estável e menos susceptível a efeitos de rolamento e capotagem.

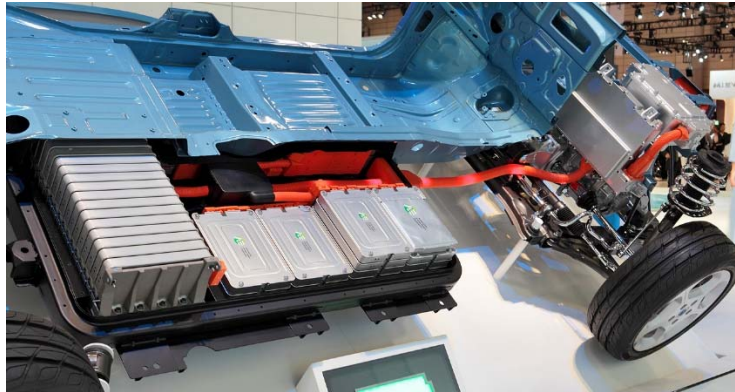


Figura 22 - Posição do conjunto de baterias numa vista de corte de um Nissan Leaf [30]

Sistema de propulsão

O sistema de propulsão de um veículo eléctrico é composto pelo controlador eléctrico, inversor electrónico, motorização eléctrica, transmissão mecânica e rodas motrizes. Baseado nos *inputs* recebidos pelos pedais de aceleração e travagem, o controlador utiliza o inversor electrónico para ajustar o fluxo de potência adequado entre a fonte de energia e o motor eléctrico [23].

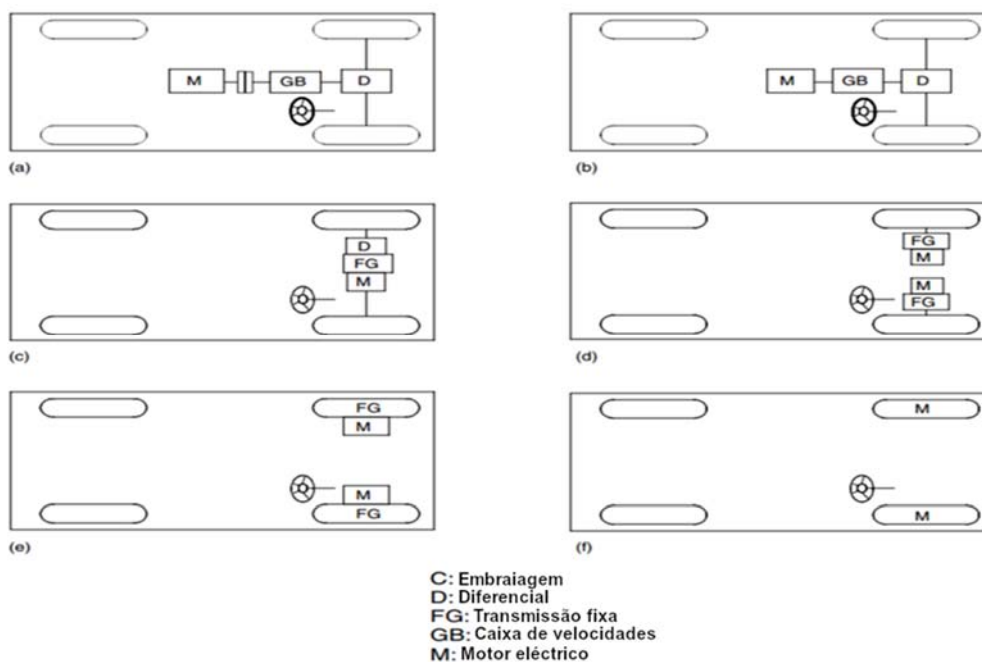


Figura 23 - Possíveis configurações de propulsão eléctrica [24]

Devido à compactibilidade e simplicidade dos motores eléctricos, existem várias configurações possíveis (Figura 23), sendo que:

- O sistema de transmissão convencional, no qual a propulsão eléctrica substitui o motor de combustão interna convencional.
- Mesma situação que a) mas com substituição do sistema composto pela embraiagem e da caixa de velocidades manual por uma caixa de velocidades automática.
- Com recurso a um motor eléctrico que produza potência constante numa gama elevada de velocidades, é possível utilizar uma relação de transmissão constante entre o motor e a roda, dispensando por completo a caixa de velocidades variável, tornando o sistema mais simples e compacto. Esta é a configuração mais comum entre os EV.
- O diferencial mecânico é substituído usando dois motores individuais e autónomos, acoplados a uma relação de transmissão fixa.
- Configuração “*in-wheel*”. Nesta configuração, o motor encontra-se dentro da roda, simplificando a estrutura de transmissão. Esta configuração permite a instalação de pequenas engrenagens planetárias de modo a reduzir a velocidade do motor e aumentar o binário, para além de permitir um melhor alinhamento entre o veio motriz e o motor. No entanto, o aumento de massa suspensa nas rodas pode penalizar o desempenho do sistema de suspensão.
- Todos os meios de relação de transmissão mecânicos são removidos, ficando o motor directamente acoplado à roda. Para esta configuração, é necessário um motor com um binário elevado para poder arrancar e acelerar o veículo.

2.4 Características do motor

Os motores eléctricos de velocidade variável normalmente apresentam características distintas em dois regimes bem definidos (Figura 24). No regime de binário constante, a velocidades baixas, em que a velocidade de rotação é inferior à velocidade nominal, a voltagem da alimentação do motor aumenta com o aumento da velocidade, enquanto que a intensidade de corrente é mantida constante.

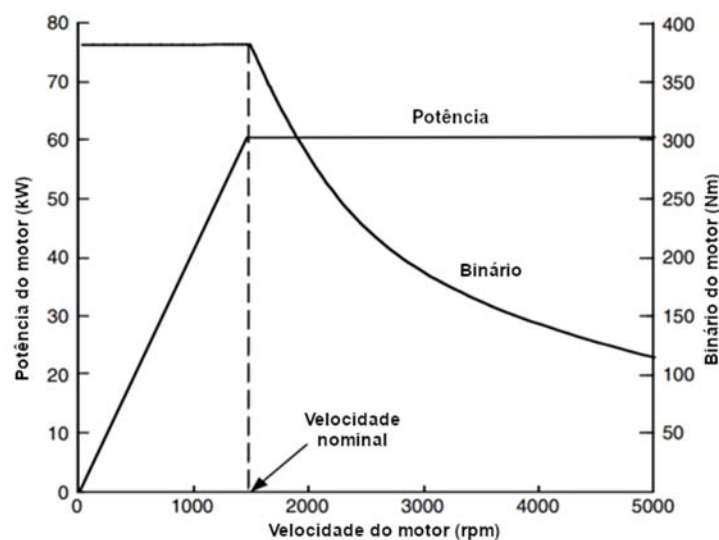


Figura 24 - Características típicas de um motor eléctrico de velocidade variável [24]

No regime de potência constante, a velocidades entre a velocidade nominal e a velocidade máxima, a voltagem atinge a diferença de potencial das baterias, e a intensidade de corrente vai diminuindo de forma hiperbólica com o aumento da velocidade. A velocidade nominal, para além de diferenciar os dois regimes acima referidos, é também a velocidade na qual são observados o binário e potência máxima do motor, servindo de base para a caracterização dos motores eléctricos.

Em relação à corrente alterna, os motores eléctricos podem ser de indução ou síncronos.

Os motores de indução são mais simples e económicos, no entanto, devido ao escorregamento (são assíncronos), são de controlo mais instável e de baixo binário no arranque. [24] Os motores síncronos, apresentam-se como uma melhor opção para a aplicação em BEV, pois apresentam pouca alteração de eficiência num largo espectro de utilização, chegando a ser mais eficientes entre 5% a 10% em relação aos motores de indução. No entanto, o seu custo de produção é superior, pois depende de ímanes permanentes feitos com terras-raras e a sua utilização implica a utilização de um inversor mais complexo, o que faz com que o custo de aquisição seja superior.

2.5 Regeneração

Uma das características mais importantes dos BEV e dos HEV é a sua capacidade de recuperar quantidades significativas da energia de travagem. O motor eléctrico nos veículos pode ser controlado para operar no sentido inverso, como gerador, de modo a converter parte da energia cinética ou potencial da massa do veículo em energia, recarregando as baterias. A regeneração é geralmente o sistema preferencial quando o condutor tem intenção de abrandar ou travar o veículo.

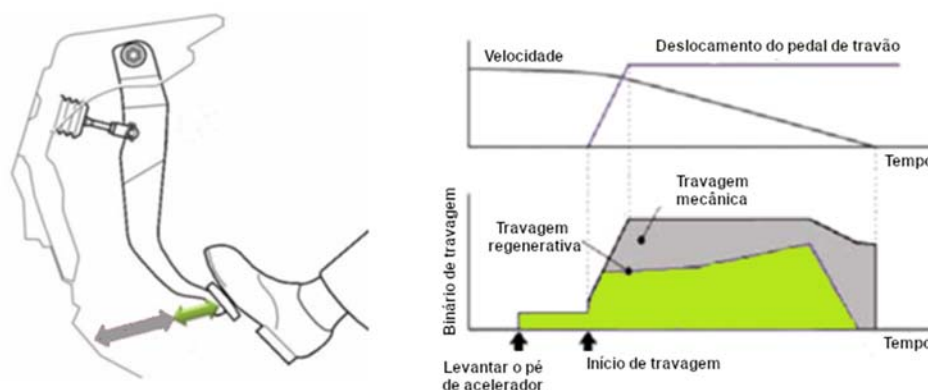


Figura 25 – Esquema de accionamento da regeneração [31]

No entanto, uma vez que o desempenho na travagem é uma das características que mais contribui para a segurança do veículo, este sistema regenerativo pode não ser o suficiente para o conseguir imobilizar numa distância segura. Nestas situações, o sistema de regeneração é auxiliado por um travão mecânico convencional.

A capacidade regenerativa depende do tipo de condução, da topologia e tipologia das vias, bem como do veículo em causa. Com base em monitorizações em condições de condução real em Lisboa, 33% do tempo de condução é utilizado em condições regenerativas [17], podendo a regeneração contribuir com 10% a 20% do total de energia consumida. [32]

2.6 Baterias

As baterias são dispositivos electroquímicos que convertem energia eléctrica em energia potencial química durante um carregamento, e o inverso durante o descarregamento. O sistema de baterias é composto por várias células agrupadas, e cada célula é uma unidade independente, que consiste basicamente em 2 eléctrodos mergulhados num electrólito.

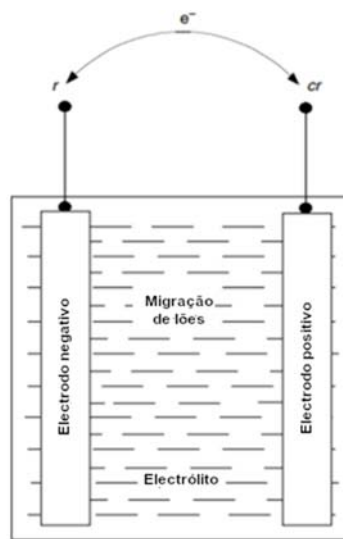


Figura 26 - Esquema de uma célula de bateria electroquímica [24]

Devido aos ciclos de carregamento e descarregamento, estas sofrem geralmente uma degradação na capacidade de armazenamento de energia, estando a degradação relacionada com a profundidade dos descarregamentos (*depth of charge* – DOD). Este efeito pode ser reduzido mantendo sempre um estado de carga (SOC) mínimo, prolongando assim a vida útil das baterias [33].

As baterias podem diferenciar-se também pelo tipo de tecnologia empregue, sendo as mais comuns:

- Li-ion - Baterias de iões de lítio. Devido às suas características de energia específica são as mais utilizadas nos BEV
- NiMH – Baterias de níquel. Estas baterias equipam HEV pois as suas necessidades energéticas não são tão exigentes
- Pb-acid – Baterias de chumbo. Estas são as baterias mais pesadas e de menor custo. São, no entanto, pouco energéticas

A Tabela 5 apresenta algumas das características das tecnologias apresentadas.

Tabela 5 - Características das tecnologias de baterias mais utilizadas em EV [31]

Tecnologia	Ef. Na carga e descarga [%]	Energia específica [Wh/kg]	Custo [€/kWh]	Tempo de vida (nº de cargas)
Li-ion	80-90	50-150	500-600	750-1000
NiMH	60-70	30-80	250-350	750-1000
Pb-acid	50-92	30-40	140-180	500-750

No entanto os BEV ainda apresentam baixas autonomias, pois as baterias que os equipam são pesadas e volumosas, uma vez que as tecnologias existentes ainda apresentam densidades energéticas muito baixas (Figura 27).

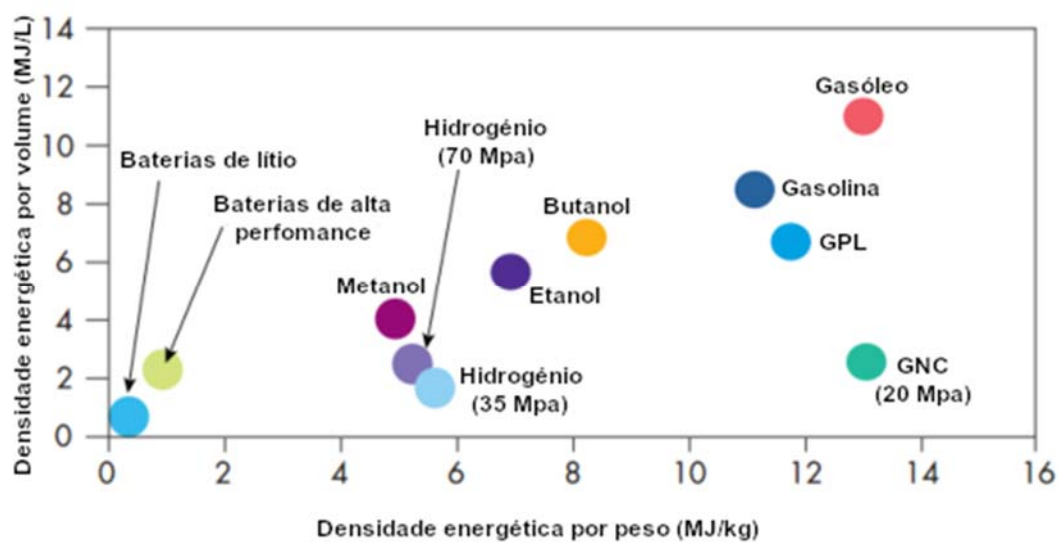


Figura 27 - Densidade energética de baterias e combustíveis líquidos [10]

3 Dados e métodos

Neste capítulo, é apresentada a metodologia utilizada para o desenvolvimento desta tese, desde a recolha de dados até aos métodos de análise. A metodologia abordada segue a configuração apresentada na Figura 28.

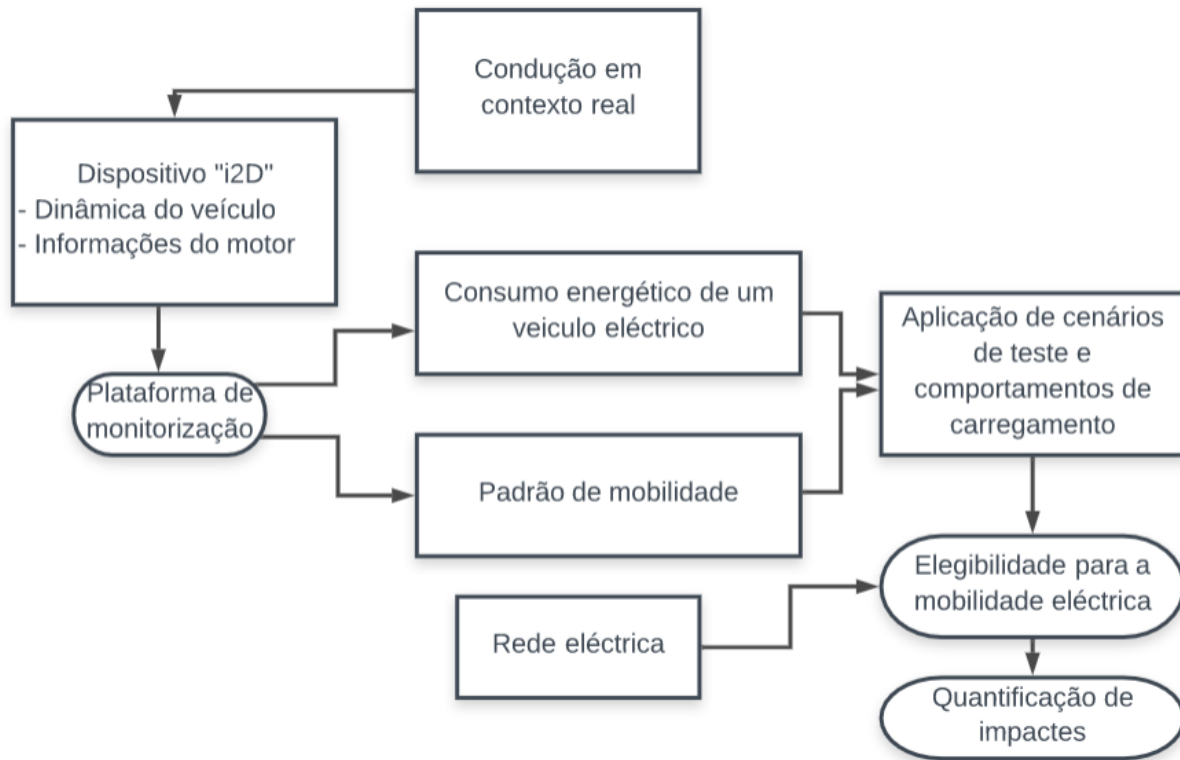


Figura 28 - Diagrama de metodologia

Com recurso a tecnologias de informação, os dados de monitorização de padrões de condução foram recolhidos e transmitidos automaticamente para uma plataforma dedicada. Através dos mesmos, foi possível definir padrões de mobilidade associados a cada condutor de uma amostra e estimar um consumo energético de uma potencial utilização de veículo eléctrico, tendo em conta a distribuição de tempo por modos de potência. Com estes dois factores, é possível simular um conjunto de cenários com diferentes comportamentos de carregamento e verificar a elegibilidade para a mobilidade eléctrica de cada condutor, em cada cenário simulado. Após a verificação dos condutores elegíveis, é possível quantificar os impactes dos carregamentos dos veículos, tendo em conta a forma como a energia eléctrica é produzida.

3.1 Amostra de condutores

O projecto Suscity foi um projecto de I&D que decorreu no âmbito de um consórcio de vários institutos, agências e empresas, em parceria com a Câmara Municipal de Lisboa, que teve por objectivo estudar

e avaliar novos serviços que explorem novas oportunidades económicas associadas à transição para sistemas urbanos sustentáveis, através de modelos baseados em informação urbana real.

Uma das actividades deste projecto envolveu a monitorização em tempo real de diversos veículos e o armazenamento dos dados recolhidos na sua plataforma “i2D – *Intelligence to drive*”. Através desta plataforma, os utilizadores privados puderam ter acesso ao seu desempenho de condução, e, paralelamente, a informação ficou também disponível para actividades de I&D. Com recurso a esta plataforma, foram monitorizados 22 condutores, em diversas aplicações privadas e comerciais, com um período de monitorização entre 4 meses a 1 ano, na área metropolitana de Lisboa. Nesse sentido, a Tabela 6 apresenta um resumo da amostra de condutores obtidos, monitorizados directamente.

Tabela 6 - Amostra de condutores monitorizados através da plataforma “i2D”

Condutores	Data Matrícula	Combustível	cilindrada	Marca	Modelo
C001	12/2010	Gasóleo	1598	Skoda	Octavia
C002	08/2010	Gasóleo	1598	Wolkswagen	Golf plus
C003					
C004					
C005	Sem informação de Login. Dados i2D fornecidos. Correspondem a veículos particulares				
C006					
C007					
C008					
C009	01/2015	Gasóleo	1560	Citroen	Berlingo
C010	01/2015	Gasóleo	1560	Citroen	Berlingo
C011	01/2014	Gasóleo	1956	Fiat	Ducato
C012	05/2007	Gasóleo	2488	Nissan	Cabstar
C013	02/2005	Gasóleo	1868	Citroen	Berlingo
C014	02/2011	Gasóleo	1461	Dacia	Logan
C015	02/2011	Gasóleo	1461	Dacia	Logan
C016	05/2011	Gasóleo	2477	Mitsubishi	L200
C017	05/2011	Gasóleo	2477	Mitsubishi	L200
C018	01/2015	Gasóleo	-	Toyota	-
C019	12/2008	Gasóleo	-	Toyota	-
C020	12/2008	Gasóleo	-	Toyota	-
C021	09/2015	Gasóleo	2998	Mitsubishi	Fuso
C022	Sem informação de Login. Dados i2D fornecidos. Veículo particular				

A este grupo foram também adicionados 40 condutores, que foram monitorizados anteriormente no âmbito de outro estudo [34]. Estes condutores foram igualmente monitorizados com recurso à mesma plataforma, por um período mínimo de 6 meses. A Tabela 7 apresenta um resumo da amostra de condutores e dados recolhidos anteriormente.

Tabela 7 - Amostra de condutores monitorizados anteriormente

Condutores	Marca	Modelo	Combustível
Condutor001	Ford	Fiesta	Gasolina
Condutor002	Citroen	C5	Gasóleo
Condutor003	Citroen	C4 Picasso	Gasóleo
Condutor004	BMW	X3	Gasóleo
Condutor005	MG	ZR	Gasolina
Condutor006	OPEL	Astra	Gasóleo
Condutor007	SKODA	OCTAVIA	Gasóleo
Condutor008	Volkswagen	Passat	Gasóleo
Condutor009	CITROEN	C3	Gasolina
Condutor010	Opel	Corsa Ecoflex	Gasóleo
Condutor011	Alfa Romeo	GIULIETTA	Gasóleo
Condutor012	PEUGEOT	206	Gasolina
Condutor013	Nissan	Qashqai	Gasóleo
Condutor014	Audi	A3	Gasóleo
Condutor015	Honda	Jazz	Gasolina
Condutor016	Renault	Megane	Gasóleo
Condutor017	Peugeot	5008	Gasolina
Condutor018	Smart	Fortwo	Gasolina
Condutor019	Ford	Focus	Gasóleo
Condutor020	BMW	X3	Gasóleo
Condutor021	Mitsubishi	Outlander	Gasóleo
Condutor022	Ford	Fusion	Gasolina
Condutor023	Volkswagen	Polo	Gasolina
Condutor024	Peugeot	308	Gasóleo
Condutor025	Mitsubishi	Colt	Gasóleo
Condutor026	Toyota	Yaris	Gasolina
Condutor027	Volkswagen	Golf	Gasóleo
Condutor028	Chevrolet	Aveo	Gasolina/GPL
Condutor029	Nissan	Qashqai	Gasóleo
Condutor030	Renault	Clio	Gasóleo
Condutor031	Volkswagen	Passat	Gasóleo
Condutor032	Nissan	Qashqai	Gasóleo
Condutor033	Volkswagen	Polo	Gasóleo
Condutor034	Opel	Astra	Gasóleo
Condutor035	CITROEN	C3	Gasóleo
Condutor036	Opel	Astra	Gasolina
Condutor037	Chevrolet	Captiva	Gasóleo
Condutor038	Ford	Focus	Gasóleo
Condutor039	Renault	Megane	Gasóleo
Condutor040	Opel	Corsa	Gasóleo

Tendo em consideração o tipo de função desempenhada por cada veículo, estes foram divididos em dois grupos, conforme a tipologia designada. Os veículos ligeiros de transporte de passageiros até 5 lugares, foram classificados como “Ligeiros de passageiros”, enquanto que os furgões, pickups e carrinhas de caixa aberta foram classificados como “Ligeiros comerciais”. Assim sendo, a Tabela 8 apresenta um resumo da amostra de condutores analisada.

Tabela 8 - Resumo da amostra por combustível e tipologia

Combustível	Tipologia	Número de condutores
Gasolina	Ligeiros passageiros	12
Gasóleo	Ligeiros comerciais	9
	Ligeiros passageiros	41

3.2 Dados de monitorização

3.2.1 Monitorização em contexto real de condução

A monitorização em contexto real de condução de toda a amostra foi efectuada através do dispositivo "i2D". Este dispositivo liga-se à porta OBD do veículo, permitindo, desta forma, a instalação de uma forma não invasiva, de um sistema de monitorização (Figura 29). O dispositivo recolhe todas as variáveis principais que caracterizam a utilização do veículo em cada viagem efectuada (ex: localização, declive da estrada, velocidades, aceleração, distâncias percorridas, data e hora, etc.) e transmite automaticamente a uma frequência de 1HZ para a plataforma dedicada. Foi assumido que a cada veículo corresponde um só condutor.



Figura 29 - Dispositivo "i2D"

3.2.2 Tratamento dos dados

Como consequência da monitorização constante e transmissão automática de informação, foram recolhidos todos os parâmetros principais de utilização do veículo, de todas as viagens efectuadas. No entanto, a informação disponibilizada pela plataforma para I&D vem em "bruto", pelo que foi necessário efectuar inicialmente uma escolha e acondicionamento dos dados relevantes a serem utilizados pela metodologia.

De modo a poderem ser definidos os padrões de mobilidade, fixos de cada condutor, é necessário obter as distribuições horárias das distâncias percorridas em média, em cada tipo de dia semanal (dias de semana e de fim de semana), para cada condutor da amostra. Nos dados de monitorização, utiliza-se a média de todas as distâncias percorridas de todas as viagens efectuadas desde o início do período de monitorização, no período de cada hora. Devido ao elevado número de viagens registadas, e também

como forma de certificar que a viagem é significativa e em condições de funcionamento e condução normais, apenas se consideram válidos os quilómetros percorridos inseridos em viagens com uma distância superior a 200m. Deste modo, quanto mais viagens forem validadas, mais fácil será de criar um padrão mais bem definido de distribuição. Após a obtenção da média das viagens válidas, existe uma nova validação de 200m definida. Se existir um valor na distribuição média horária que seja inferior a este, nessa hora considera-se que a viagem não é válida e que não existem distâncias percorridas. A velocidade média, mesmo não sendo apresentada em distribuição horária, sendo um valor fixo, deriva do mesmo ficheiro de monitorização, relativo às distâncias percorridas.

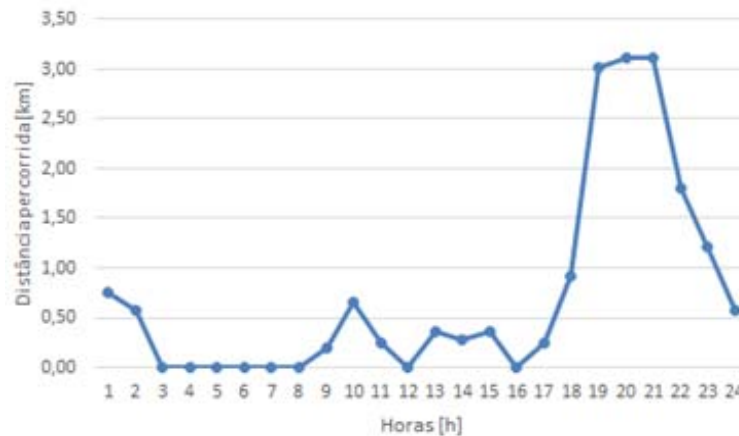


Figura 30 - Exemplo de uma distribuição horária de distância percorrida num dia de semana – condutor 8

Outra distribuição a ter em conta como *input*, é a distribuição do tempo por cada modo VSP. Em cada viagem válida, é contabilizado o tempo que cada condutor passa em cada modo de potência numa distribuição de 82 modos. Novamente, quanto maior o número de amostras, mais representativa é a distribuição em relação à utilização real. De modo a poder ser utilizada na metodologia de análise, a distribuição tem de ser reagrupada em 14 modos, utilizando a metodologia descrita na secção seguinte. Esta distribuição é fundamental para poder ser estimado o consumo energético em veículos de tecnologia de propulsão diferentes.

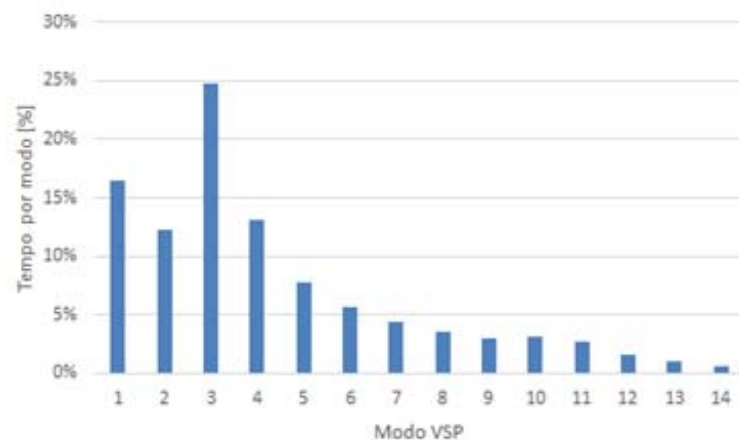


Figura 31 - Exemplo de uma distribuição de tempo por modo VSP - condutor 19

3.2.3 Modos VSP

Neste estudo, foi utilizada a metodologia de distribuição VSP em apenas 14 modos, sendo os dois primeiros modos dedicados a modos de potência negativos, e os restantes a modos de potência positivos. No entanto, os dados de monitorização recolhidos através do dispositivo “i2D” vêm apresentados em 82 modos distintos, agrupando-se num intervalo compreendido entre [-21;60]. Para reagrupar em 14 modos específicos, foi utilizada a metodologia abordada no capítulo anterior, na Tabela 4.

Na implementação, a modelação em veículo eléctrico foi efectuada em dois veículos eléctricos diferentes, dependendo da tipologia atribuída a cada condutor. Os veículos ligeiros de passageiros foram modelados no Nissan Leaf (versão de 2015), enquanto os ligeiros comerciais foram modelados através de um furgão comercial Renault Kangoo ZE (versão 2012). As principais características técnicas estão apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Características técnicas dos veículos eléctricos [35]

	Nissan Leaf	Renault Kangoo ZE
Potência [kW]	80	44
Binário [Nm]	254	226
Tracção	Frontal	Frontal
Capacidade da bateria [kWh]	24	22
Tipo de bateria	Iões de Lítio	Iões de Lítio

Cada veículo possui características técnicas diferentes, o que faz com que o respectivo consumo em modo de potência, seja ligeiramente diferente, como observado na Figura 32.

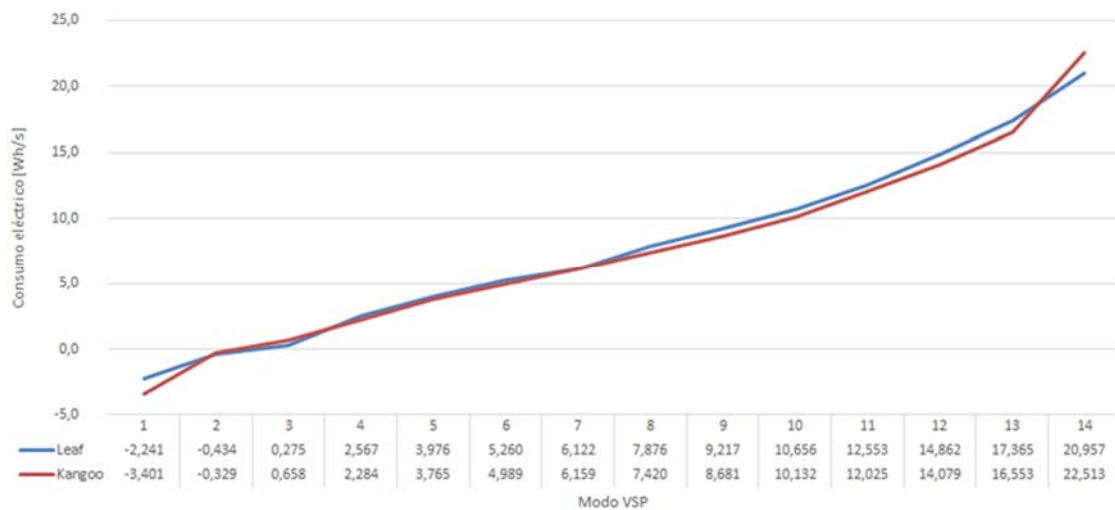


Figura 32 - Consumo energético dos EV por modo VSP

De notar que, no caso de veículos eléctricos, os modos de potência negativos correspondem a modos de travagem e de regeneração, resultando num consumo de energia negativo, ou seja, regeneração de energia. Num veículo ICE convencional, estes modos corresponderiam efectivamente a uma travagem, mas sem efeitos na conservação e regeneração de energia. Duas curvas de consumo de

combustível (em g/s) por modo de VSP típicas de dois veículos ligeiros convencionais estão representadas na Figura 33, sendo um deles a gasolina e o outro a Gasóleo.

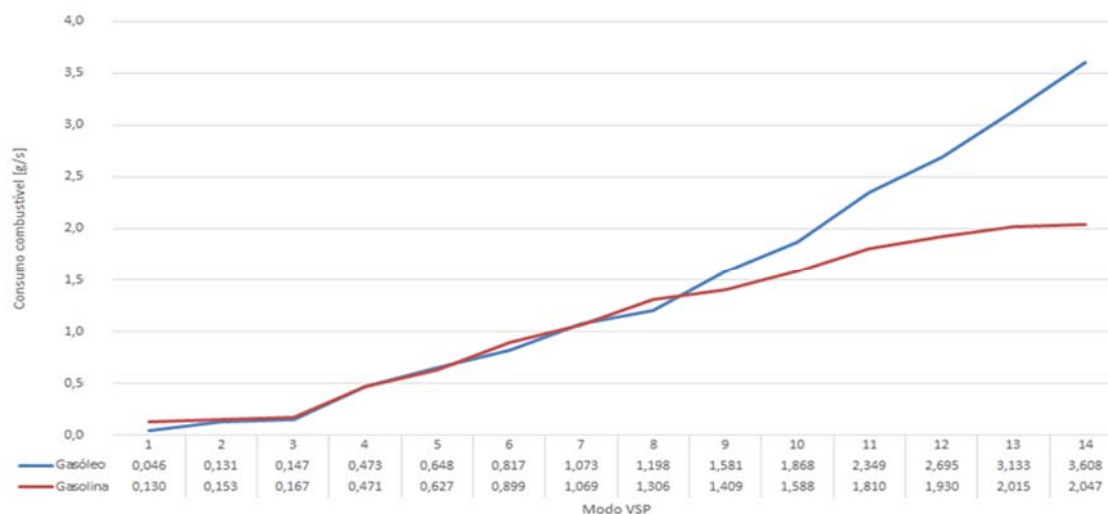


Figura 33 - Consumo de combustível dos ICE por modo de VSP

3.3 Ferramenta de análise

3.3.1 Determinação dos *inputs* e dos *outputs*

De modo a verificar a elegibilidade para a mobilidade eléctrica de um condutor e definir os seus comportamentos de carregamento, a metodologia desenvolvida tem como *inputs* a velocidade média de cada condutor, bem como as suas distribuições hora-a-hora das distâncias percorridas (tanto para os dias de semana como de fim de semana, separadamente) e a distribuição do tempo permanecido em viagem em cada modo VSP (em 14 modos). Estes parâmetros derivam directamente da monitorização em contexto real de utilização e são fixos de cada condutor.

Como *outputs*, a ferramenta de análise desenvolvida devolve, para todos os condutores estudados em cada cenário definido, a verificação da elegibilidade eléctrica, a distribuição horária da disponibilidade de carregamentos e dos carregamentos efectivamente efectuados em cada tipologia de dia, a energia utilizada caso o veículo fosse eléctrico, o perfil de utilização associado a cada um dos 7 dias da semana, numa base média de minuto a minuto, o consumo energético eléctrico, bem como o consumo de combustível (baseado numa curva típica de VSP de um veículo semelhante consoante o tipo de combustível do veículo original do condutor da amostra) e a distribuição horária das suas emissões de CO₂.

3.3.2 Modelação do veículo eléctrico e determinação do consumo energético

De modo a modelar a utilização do condutor no veículo eléctrico é necessário primeiro definir a sua tipologia, que define logo à partida qual o veículo modelado e quais as suas características técnicas (Tabela 9).

Embora a capacidade total das duas baterias seja de 22 kWh e de 24 kWh para o *Renault Kangoo* e para o *Nissan Leaf*, respectivamente, ao utilizador só estão disponíveis 83,75% destes valores. O fabricante reserva a restante capacidade para serviços essenciais e para protecção de baterias nos carregamentos, bem como para controlar e minimizar os impactes visíveis do decaimento do desempenho das baterias ao longo do tempo devido aos ciclos de carregamento, prolongando a sua vida útil [33]. Sendo assim, ao longo da análise desenvolvida apenas foi considerada a capacidade disponível ao condutor e não a capacidade física total destas.

Tabela 10 - Capacidade física e capacidade disponível das baterias

	<i>Leaf</i>	<i>Kangoo</i>
<i>Capacidade física [kWh]</i>	24	22
<i>Capacidade disponível [kWh]</i>	20,1	18,425

Outro factor que é definido com a tipologia é o consumo energético específico por modo de VSP, correspondente a cada veículo. Na Figura 32 está apresentada a distribuição do consumo energético por modo VSP.

De modo a estimar o consumo energético médio por quilómetro pelo condutor, recorreu-se à distribuição temporal por modo VSP. Utilizando a ponderação percentual para o respectivo modo, é possível estimar a utilização energética por segundo.

$$Wh/s = \sum_{i=1}^{14} (\% \text{ tempo por modo VSP})_i \times (Wh/s \text{ por modo VSP})_i$$

Eq. 26 e Eq. 27

$$\text{Energia [Wh/s]} \times \frac{1}{\text{Velocidade média [km/h]}} \times 0,001 \times 3600 = \text{Consumo energético [kWh/km]}$$

Assim obteve-se o respectivo consumo energético por quilómetro percorrido equivalente, assumindo que o condutor mantém os mesmos comportamentos, num veículo eléctrico. Com o valor do consumo energético por distância percorrida obtido, e com recurso à distribuição horária de distâncias percorridas, é possível quantificar quanta energia foi despendida pelo condutor, em média, por cada hora, em cada tipo de dia.

3.3.3 Disponibilidade carregamento de energia

De modo a que o condutor possa efectuar um carregamento, à semelhança de um veículo convencional, o veículo tem de ficar imobilizado. Com recurso à distribuição horária de distâncias percorridas, é possível determinar se em determinada hora o veículo percorreu alguma distância, ou não. No entanto, a disponibilidade para efectuar carregamento só se considerou válida se o veículo estiver parado pelo menos 2 horas seguidas. Esta disponibilidade, uma vez que só tem em conta os padrões de mobilidade dos condutores, foi denominada de disponibilidade operacional. Com esta metodologia mais conservadora, reduz-se o número de oportunidades de carregamento, mas esta

traduz-se num comportamento mais intuitivamente próximo da utilização real tendo em conta as estruturas de carregamento existentes.

Novamente com uma abordagem conservadora, considerou-se apenas o tipo de carregamento lento. Em Portugal, a electricidade é distribuída a 220 V, permitindo que o EV carregue 220 V por hora a 10 A, ou seja, 2,2 kWh, caso este tenha disponibilidade de carregamento.

Ao observar a Figura 34, e ao comparar com a Figura 30, é possível comprovar que apesar do condutor estar parado às 11h e às 15h, estes períodos não são admitidos como disponíveis para efectuar um carregamento.

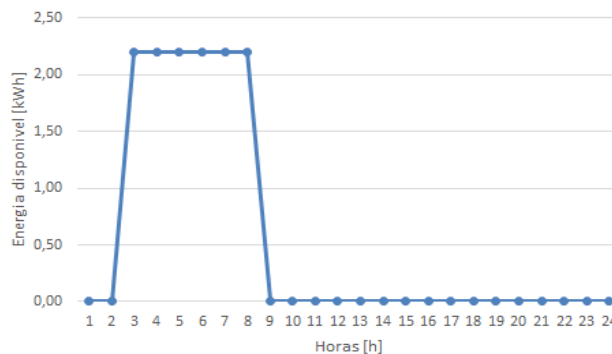


Figura 34 - Exemplo de uma distribuição horária de energia disponível para carregar, num dia de semana – condutor 8

No entanto, o condutor só pode efectivamente carregar se para além de ter disponibilidade para tal, o seu estado de carga o permitir, ou se não existir outro tipo de constrangimento aplicado.

3.3.4 Utilização do veículo modelado

Uma vez obtida a distribuição horária de energia utilizada, e a distribuição horária da disponibilidade de energia por carregamento, é possível simular a utilização do respectivo veículo modelado por condutor.

Nesta metodologia foi implementado e definido:

- A utilização contínua de 4 semanas seguidas de utilização.
- Os padrões de mobilidade definidos são fixos e não se alteram dentro dos dias da semana com a mesma tipologia (ex: os padrões de mobilidade a um sábado são iguais aos de domingo, da mesma forma que os de segunda são iguais aos de terça, quarta, quinta ou sexta).
- Todos os condutores começam a análise em simultâneo, às 0 horas de segunda-feira.
- Todos os condutores começam a análise com um estado de carga de 100%.

De modo a simular os efeitos de carregamento, o carregamento não é linear, comportando-se de maneiras distintas consoante o seu estado de carga no momento do carregamento. Se o estado de carga (SOC) se encontrar:

- Entre 0% e 92% - Carrega normalmente ao ritmo do carregamento lento definido pela rede (2,2 kWh por hora)
- Entre 92% e 95% - Carrega com um factor de 0,9 em relação ao carregamento lento
- Entre 95% e 100% - Carrega com um factor de 0,5 em relação ao carregamento lento

No entanto este fenómeno só é observável e quantificável numa análise mais detalhada, minuto-a-minuto (análise que vai ser referida mais à frente neste capítulo) pois o período horário é demasiado extenso para ser observado. No caso do Nissan Leaf, são carregados aproximadamente 10,95% por hora, enquanto na Renault Kangoo, 11,94%, valores superiores aos quais se observam os efeitos de carregamento, pois como modelados só se apresentam nos últimos 8% do SOC.

Obviamente, quando o estado de carga atingir o máximo de capacidade disponível para o veículo definido, este pára automaticamente o carregamento, e apenas o valor carregado é que é contabilizado nessa hora.

Ao longo da utilização contínua do veículo (representada por sucessivos carregamentos e descargas), apesar de cada condutor manter os seus padrões de mobilidade fixos, os efeitos acumulados de uma utilização seguida vão começar a notar-se.

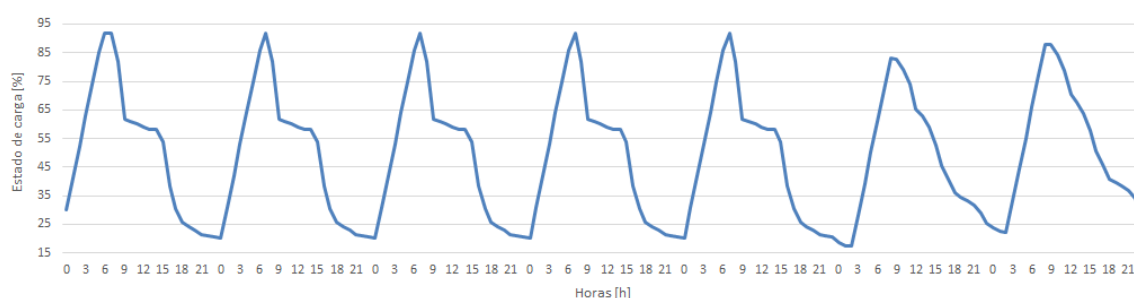


Figura 35 - Exemplo da evolução do estado de carga de um condutor na quarta semana de análise - condutor 40

Deste modo, foi realizada uma análise detalhada a cada dia específico da semana, sendo possível obter o perfil de utilização de cada condutor em cada dia específico. A análise diária foi realizada minuto-a-minuto. De modo a minimizar os efeitos do começo do estudo (SOC 100% às 0h da primeira segunda-feira), apenas foram considerados representativos os valores das últimas 3 semanas de utilização.

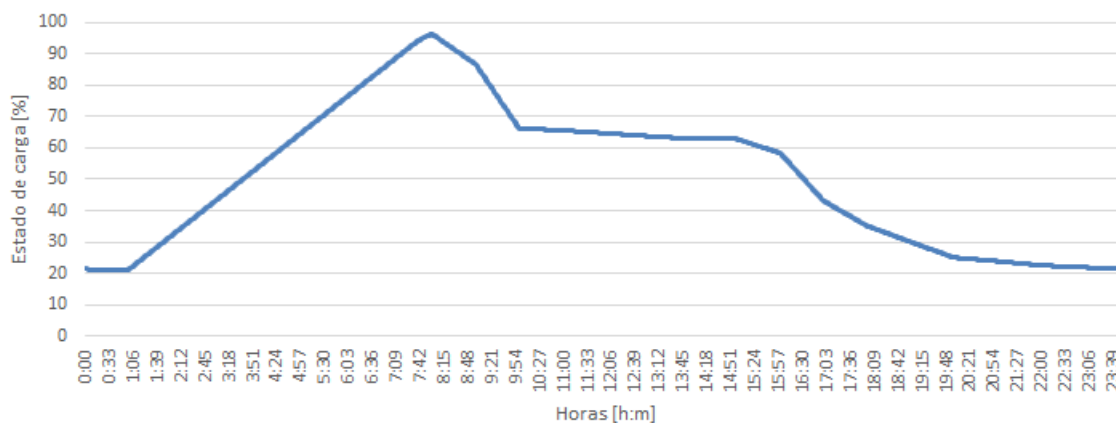


Figura 36 - Evolução do estado de carga no perfil de utilização de sexta-feira - condutor 40

3.3.5 Cenários de Análise

De modo a poderem ser estudadas várias condições de utilização, foram simulados 27 cenários distintos. Estes cenários representam os efeitos de constrangimentos estruturais e comportamentais. Os constrangimentos estruturais foram definidos através da não disponibilidade para efectuar

carregamentos em tipos de dias ou períodos específicos de cada dia. Em cada grupo de cenários de constrangimento estrutural, foram também definidos 3 constrangimentos comportamentais que definem que o condutor só efectua o carregamento quando tem disponibilidade operacional e estrutural, e com um estado de carga abaixo de determinado valor (Tabela 11).

Tabela 11 - Cenários de análise

Fase dia	Tipologia	Estado de carga	nº cenário
Noite e Dia	Semana e fim de semana	100	1
		60	2
		30	3
	Semana	100	4
		60	5
		30	6
	Fim de semana	100	7
		60	8
		30	9
Dia	Semana e fim de semana	100	10
		60	11
		30	12
	Semana	100	13
		60	14
		30	15
	Fim de semana	100	16
		60	17
		30	18
Noite	Semana e fim de semana	100	19
		60	20
		30	21
	Semana	100	22
		60	23
		30	24
Fim de semana	100	25	
	60	26	
	30	27	

A definição dos períodos diários e nocturno considerou que o Dia teria início às 8h e que se prolongava até às 19h, sendo o período da Noite definido entre as 20h e as 7h.

3.3.6 Validação de elegibilidade para a mobilidade eléctrica

Após a definição dos cenários, foi possível efectuar o estudo de utilização de veículos, tendo por base os seus padrões de mobilidade (fixos de cada condutor), alterando os comportamentos de carregamento através da aplicação dos constrangimentos à sua disponibilidade. A validação da elegibilidade para a mobilidade eléctrica foi feita com recurso à análise do estado de carga de cada condutor em cada cenário. Se ao longo das 4 semanas de utilização em análise, o estado de carga chegar a valores nulos, então, este condutor não é elegível para a mobilidade eléctrica.

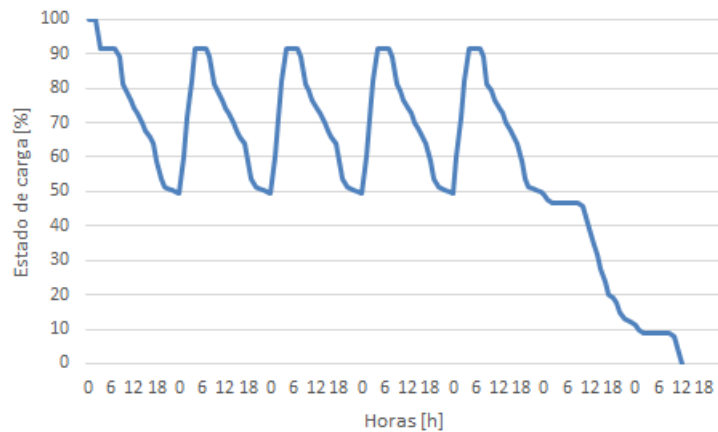


Figura 37 - Exemplo de um condutor não elegível no cenário 4 - condutor 13

Condutor	Eligibilidade Eléctrica			
	Semana		Fim de semana	
1	Não	N/A	Não	N/A
2	Sim	Ok	Sim	Ok
3	Não	N/A	Não	N/A
4	Não	N/A	Não	N/A
5	Sim	Ok	Sim	Ok
6	Sim	Ok	Sim	Atenção
7	Não	N/A	Não	N/A
8	Não	N/A	Não	N/A
9	Sim	Ok	Sim	Atenção
10	Sim	Atenção	Sim	Atenção
11	Sim	Ok	Sim	Ok
12	Não	N/A	Não	N/A
13	Não	N/A	Não	N/A
14	Sim	Atenção	Sim	Atenção
15	Sim	Ok	Sim	Ok
16	Sim	Ok	Sim	Ok
17	Sim	Ok	Sim	Ok
18	Não	N/A	Não	N/A
19	Não	N/A	Não	N/A
20	Sim	Ok	Sim	Ok
21	Sim	Ok	Sim	Ok
22	Sim	Ok	Sim	Ok
23	Sim	Atenção	Não	N/A
24	Sim	Ok	Sim	Ok
25	Não	N/A	Não	N/A
26	Sim	Atenção	Sim	Atenção
27	Sim	Ok	Sim	Ok
28	Não	N/A	Não	N/A
29	Não	N/A	Não	N/A
30	Sim	Ok	Sim	Ok
31	Sim	Atenção	Sim	Atenção
32	Sim	Ok	Sim	Ok
33	Sim	Atenção	Sim	Ok
34	Não	N/A	Não	N/A
35	Sim	Ok	Sim	Atenção
36	Não	N/A	Não	N/A

Figura 38 - Parte do quadro de elegibilidade eléctrica para o cenário 4

Como observado na Figura 38, está implementado de forma indicativa, um factor de controlo de “anxiety range” que indica que o condutor, apesar de elegível, verificou um estado de carga inferior a 15% durante o período de análise.

3.3.7 Distribuição horária da energia carregada

Após a verificação da elegibilidade eléctrica de todos os condutores em todos os cenários, foi possível obter o perfil médio de utilização de cada tipologia de dia, em cada cenário definido. Ou seja, os valores

médios de todos os condutores elegíveis em cada cenário são associados a este e definem o seu respectivo perfil de utilização. Com recurso à análise efectuada para cada dia da semana, foi medida a variação energética devido aos carregamentos e o valor médio de todos os dias da mesma tipologia foi agrupado numa base hora-a-hora, sendo assim possível obter a distribuição horária de carregamentos efectuados.

3.3.8 Emissões de CO₂

Utilizando a mesma metodologia para a determinação do consumo energético do veículo eléctrico, foi possível quantificar o consumo e as emissões dos condutores da amostra, dependendo do seu tipo de tecnologia de propulsão originalmente utilizada. A Figura 33, representa os consumos por modo VSP utilizados.

Através de uma metodologia semelhante à utilizada para calcular o consumo energético eléctrico (Eq. 26 e Eq. 26),

$$Wh/s = \sum_{i=1}^{14} (\% \text{ tempo por modo VSP})_i \times (g/s \text{ por modo VSP})_i$$

Eq. 28 e Eq. 29

$$\text{Combustível [g/s]} \times \frac{1}{\text{Velocidade média [km/h]}} \times 0,001 \times 3600 = \text{Consumo energético [g/km]}$$

obteve-se o consumo de combustível. De modo a estimar as emissões de CO₂, utilizou-se o factor de emissão de CO₂ associado a cada combustível - Tabela 12:

Tabela 12 - Factor de emissão de CO₂ para diferentes combustíveis

	Gasolina	Gasóleo
Factor de emissão de CO ₂ [g CO ₂ /km]	3,17	3,19

Com recurso à distribuição horária de distâncias percorridas, obteve-se a distribuição horária de emissões de CO₂.

3.4 Rede Eléctrica

Os impactes associados à utilização de veículos eléctricos estão profundamente ligados às características da rede eléctrica, e das fontes de produção de energia utilizadas. Um dos problemas da rede prende-se com o facto de ser praticamente impossível efectuar o armazenamento de energia eléctrica de forma eficiente, a não ser na forma de energia potencial, com recurso a acumulação hídrica em albufeiras e barragens. Assim, convém que a produção seja flexível em função do consumo e da capacidade de absorção/produção de excedentes através da importação e/ ou exportação, conforme o caso, de e/ou para os países cooperantes ligados à mesma rede. A escolha da forma de produção depende de factores económicos, políticos e da disponibilidade da fonte, no caso das renováveis. Assim sendo, o mix de geração de electricidade, ou forma de produção, ajusta-se frequentemente às

necessidades, e, desta forma, os seus impactes ambientais também se vão alterando. A penetração de energias renováveis e de energias de produção em regime especial (PRE) são indicadores do desempenho ambiental e de independência energética, respectivamente. A produção em regime especial consiste na produção de energia eléctrica através de recursos endógenos, renováveis e não renováveis, de tecnologias de produção combinada de calor e de electricidade (cogeração) e de produção distribuída. A energia entregue à rede tem sido significativa, com especial destaque para a produção eólica e cogeração, o que trouxe vantagens ambientais e diminuição da dependência externa. [36] Deste modo, é possível concluir que os impactes do carregamento do veículo vão variando, dependendo da altura em que é feito o carregamento, pois dependem directamente da forma como a energia é produzida.

Neste contexto, com recurso aos diagramas de carga disponibilizados pela Redes Energéticas Nacionais SGPS, S.A. (REN) [37] para o ano de 2017, foi possível obter a distribuição na rede em território nacional em função do dia e da hora de produção e da contribuição de cada fonte de produção associada. Numa base mensal, no ano 2017 a rede apresentou as características representadas na Figura 39.

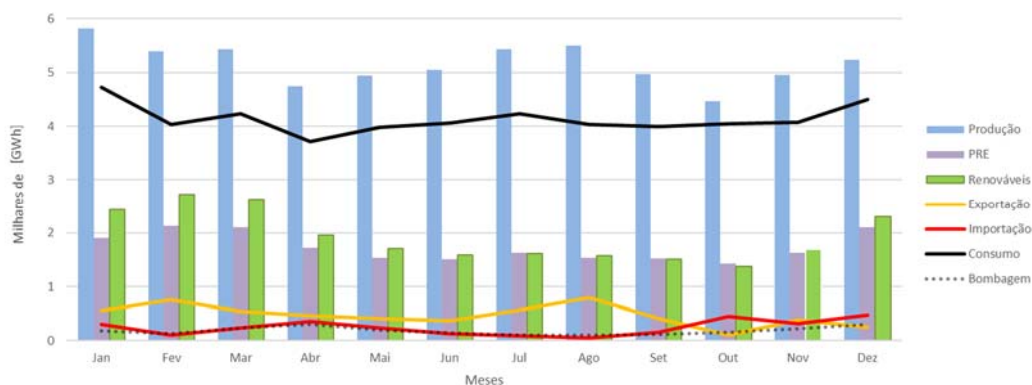


Figura 39 - Caracterização da rede eléctrica portuguesa no ano 2017

Nesse ano, as fontes de produção foram distribuídas entre carvão, gás natural, albufeiras, fios de água, e PRE (hidráulico, térmico, eólico e fotovoltaico), como representado na Figura 40.

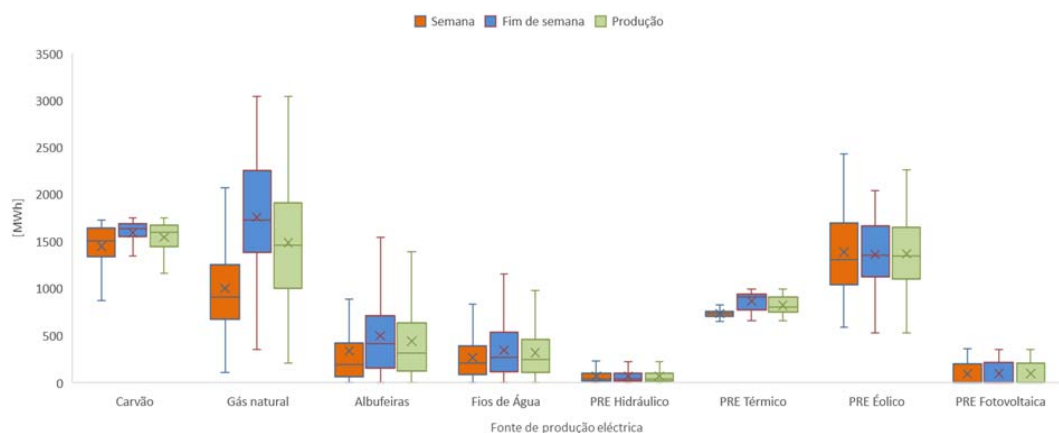


Figura 40 - Distribuição da produção de electricidade em Portugal no ano 2017

A cada fonte, é possível associar um factor de emissão de CO₂ [38][39]. Para o cálculo das emissões relativas à PRE, através de dados divulgados pela Entidade reguladora dos serviços energéticos (ERSE) [36], relativos ao ano 2017, a PRE assumiu em termos anuais:

Tabela 13 - Distribuição da PRE no ano 2017

<i>Energia (MWh)</i>	<i>Ano 2017</i>
<i>Biogás</i>	270 751,9
<i>Biomassa</i>	717 075,1
<i>Cogeração</i>	3 872 804,7
<i>Cogeração Renovável</i>	1 901 667,7
<i>Eólica</i>	11 835 771,8
<i>Fotovoltaica</i>	533 984,8
<i>Hídrica</i>	609 494,5
<i>Resíduos sólidos urbanos</i>	488 211,4
TOTAL	20 229 761,8

Das fontes de PRE utilizadas, apenas a cogeração e os Resíduos sólidos urbanos (RSU) não tem origem renovável. No caso da PRE térmica, esta é composta por biogás, biomassa, cogeração, cogeração renovável e RSU, sendo a única responsável por emissões de CO₂. O factor de emissão de cada fonte de geração está representado na Tabela 14.

Tabela 14 - Factor de emissão para PRE térmica [38][39]

	<i>Biogás</i>	<i>Biomassa</i>	<i>cogeração</i>	<i>cogeração renovável</i>	<i>RSU</i>
<i>Factor emissão CO₂ [kg/kWh]</i>	0,197	0,403	0,327	0	0,780

Tendo em conta a contribuição de cada factor, é possível assumir um valor para a PRE térmica. Assim, a Tabela 15 apresenta um resumo das emissões de CO₂ associadas a cada fonte de produção.

Tabela 15 - Factor de emissão de CO₂ por fonte de produção eléctrica

	<i>Carvão</i>	<i>Gás natural</i>	<i>Albufeiras</i>	<i>Fios de água</i>	<i>PRE hidráulico</i>	<i>PRE térmico</i>	<i>PRE eólico</i>	<i>PRE fotovoltaica</i>
<i>Factor de emissão CO₂ [kg/MWh]</i>	354	202	0	0	0	274,4	0	0

A amostragem foi distribuída por fontes de produção, consoante a sua distribuição horária, para os dois tipos de dia característicos (dia de semana e dia de fim de semana), em 5 períodos de análise distintos. Os 5 períodos definidos foi o período Anual, e os períodos sazonais de Inverno (meses de Janeiro a Março), Primavera (Abril a Junho), Verão (Julho a Agosto) e Outono (Setembro a Dezembro).

Nestes períodos, a produção em termos de renováveis e de PRE em função da produção total variou horariamente, segundo a Figura 41.

No que toca às emissões de CO₂, as distribuições horárias também se alteram ao longo do ano, muito influenciadas pela contribuição de energias renováveis no total da produção. Na Figura 42 é possível verificar a evolução dos dois parâmetros para os períodos sazonais de Inverno e Verão.

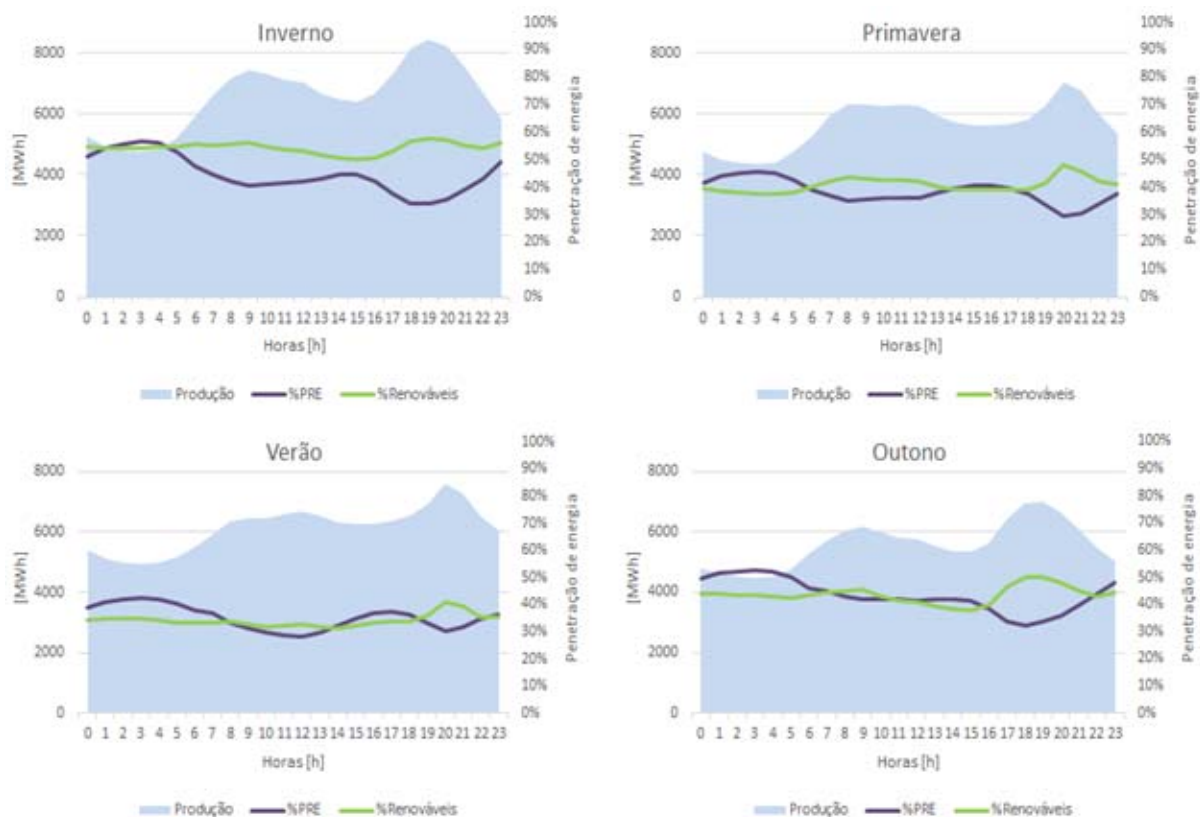


Figura 41 - Distribuição horária e contribuição de Renováveis e PRE no mix de geração de electricidade, em média, no ano de 2017, em períodos sazonais

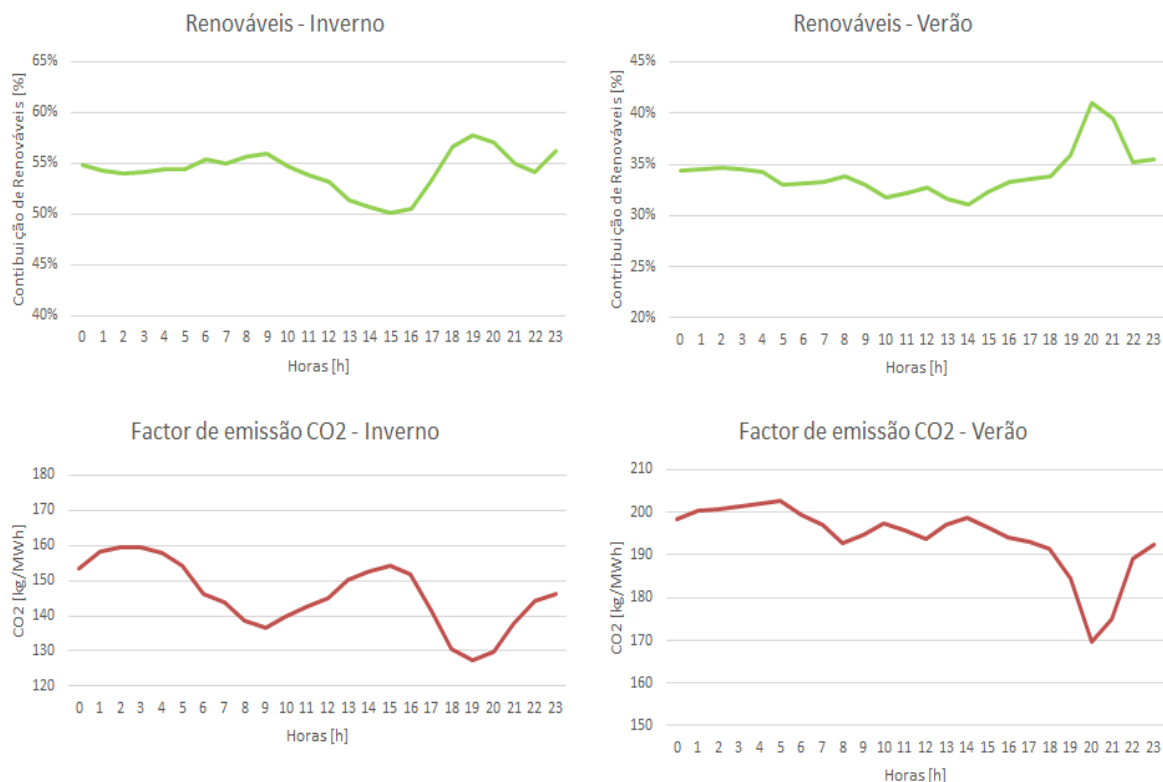


Figura 42 - Distribuição horária da contribuição média no mix de geração de electricidade de Renováveis e do Factor de emissão de CO₂ médio para os períodos sazonais de Inverno e Verão

4 Resultados

Neste capítulo, serão apresentados os resultados obtidos através da validação da metodologia desenvolvida e descrita no capítulo anterior. Por forma a se poder efectuar uma quantificação dos impactes, é necessário começar por estudar os padrões de mobilidade da amostra de condutores monitorizados, considerando a velocidade média, a distribuição horária das distâncias percorridas e oportunidades de carregamento. Quando enquadrados nos cenários definidos, estes resultados permitem inicialmente quantificar o conjunto de condutores que são elegíveis para a mobilidade eléctrica, e quais os respectivos padrões de mobilidade associados. Com isto, é possível definir e quantificar, em cada cenário, para os condutores elegíveis quais as oportunidades de carregamento dos veículos e quais os impactes resultantes na rede e no ambiente, dependendo da distribuição horária e sazonal das fontes de produção de energia eléctrica.

4.1 Definição da análise e validação de condutores

Devido às características únicas de utilização de cada veículo, foi possível, logo à partida, definir dois grupos distintos de condutores. A definição dos grupos foi efectuada com base na tipologia do veículo modelado, sendo o primeiro grupo composto pelos veículos ligeiros de passageiros, modelados pelo Nissan Leaf, e o segundo composto pelos veículos comerciais, modelados pelo Renault Kangoo ZE.

Estes dois grupos apresentam características nos padrões de mobilidade notoriamente distintas, não podendo por isso ser agrupados e analisados em conjunto. Assim sendo, cada grupo foi analisado de igual forma, embora em análises separadas.

Além disso, de modo a evitar inconsistências nos resultados, foram considerados como *Outliers* os condutores que apresentam dados de monitorização corrompidos, bem como os condutores que apresentam valores atípicos nos padrões de mobilidade, com um grande afastamento dos demais do mesmo grupo, não sendo, portanto, considerados válidos na amostra a analisar. Neste sentido, apenas foram considerados válidos para a análise de veículos ligeiros de passageiros, veículos que percorram um valor mínimo de 5km num dos tipos de dias. Assim sendo, os grupos de análise foram compostos por:

Tabela 16 - Definição e validação de condutores para a amostra a analisar

	Veículo	Amostra total	Condutores Válidos
Grupo 1	<i>Nissan Leaf</i>	53	49
Grupo 2	<i>Renault Kangoo ZE</i>	9	7

4.2 Caracterização dos padrões de mobilidade

Os padrões de mobilidade estão profundamente ligados à elegibilidade para a mobilidade eléctrica, uma vez que a velocidade e a distribuição da distância percorrida diariamente não apenas permitem definir a energia utilizada, como também contribuem para a definição da disponibilidade de carregamento, uma vez que esta também deriva igualmente dos constrangimentos definidos pelos cenários de utilização.

4.2.1 Ligeiros de passageiros – Grupo 1

Após a validação de condutores, a amostra dos 49 condutores válidos segue a distribuição horária representada na Figura 43. Através da visualização das mesmas, é possível verificar que a maioria dos quilómetros percorridos ocorrem durante o período diurno, nas duas situações (semana e fim de semana). Nos dias de semana, é ainda possível observar a existência de dois picos de valores coincidentes com as horas de ponta (das 8h às 10h durante a manhã e das 17h às 20h no final da tarde), em consequência dos movimentos pendulares diários, enquanto que nos dias de fim de semana a distribuição é mais uniforme.

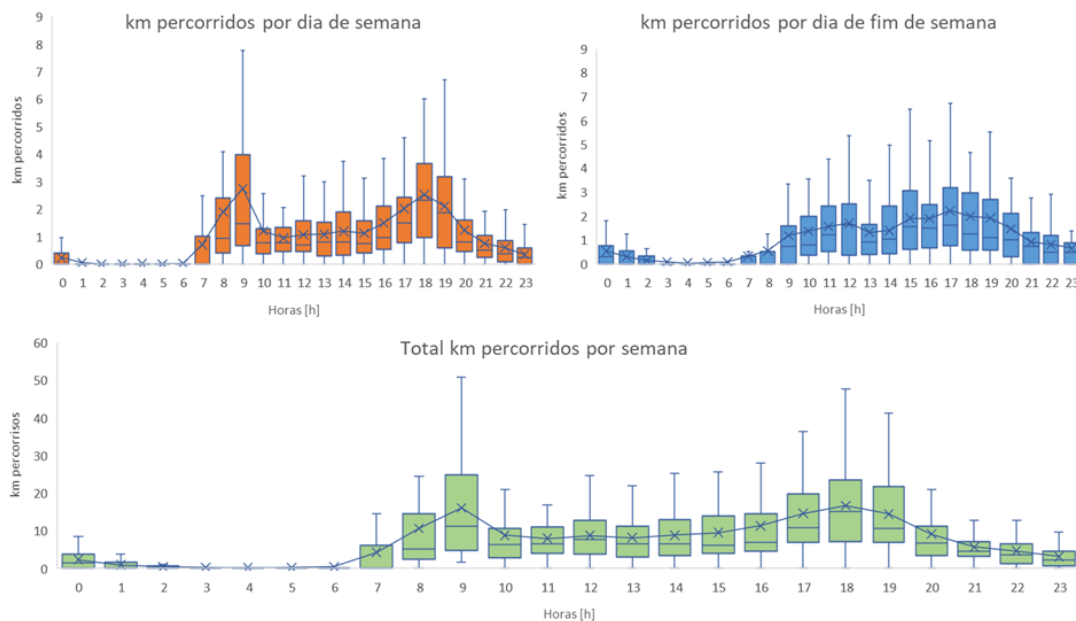


Figura 43 - Quilómetros percorridos pelos condutores válidos em dias de semana, fim de semana e total semanal (Grupo 1)

Ao efectuar a análise de elegibilidade para cada um dos 27 cenários definidos anteriormente, cada cenário tem um valor próprio de condutores elegíveis. A característica dos padrões de mobilidade de cada cenário tem apenas em consideração os valores dos respectivos condutores elegíveis. Os cenários com maior quantidade de condutores elegíveis são os cenários mais permissivos e este valor vai diminuindo à medida que nos movemos para os cenários mais restritos.

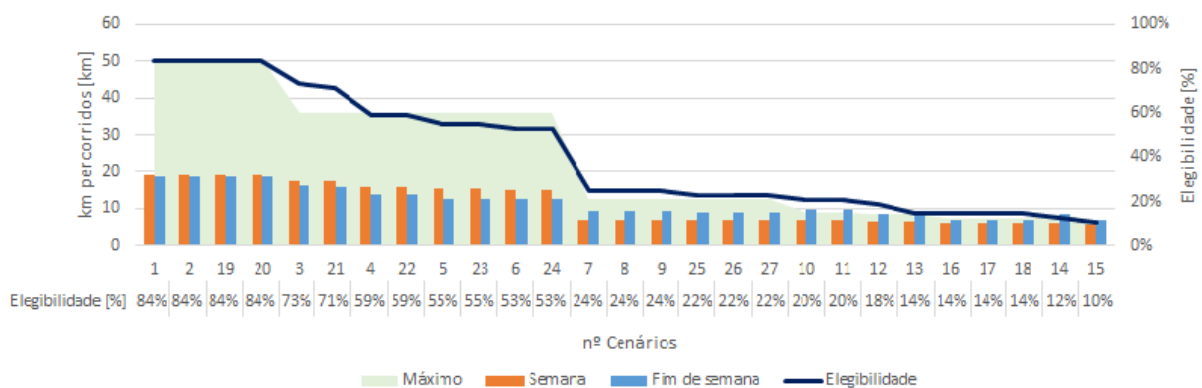


Figura 44 – Elegibilidade eléctrica e Distância percorrida nos diversos cenários (Grupo 1)

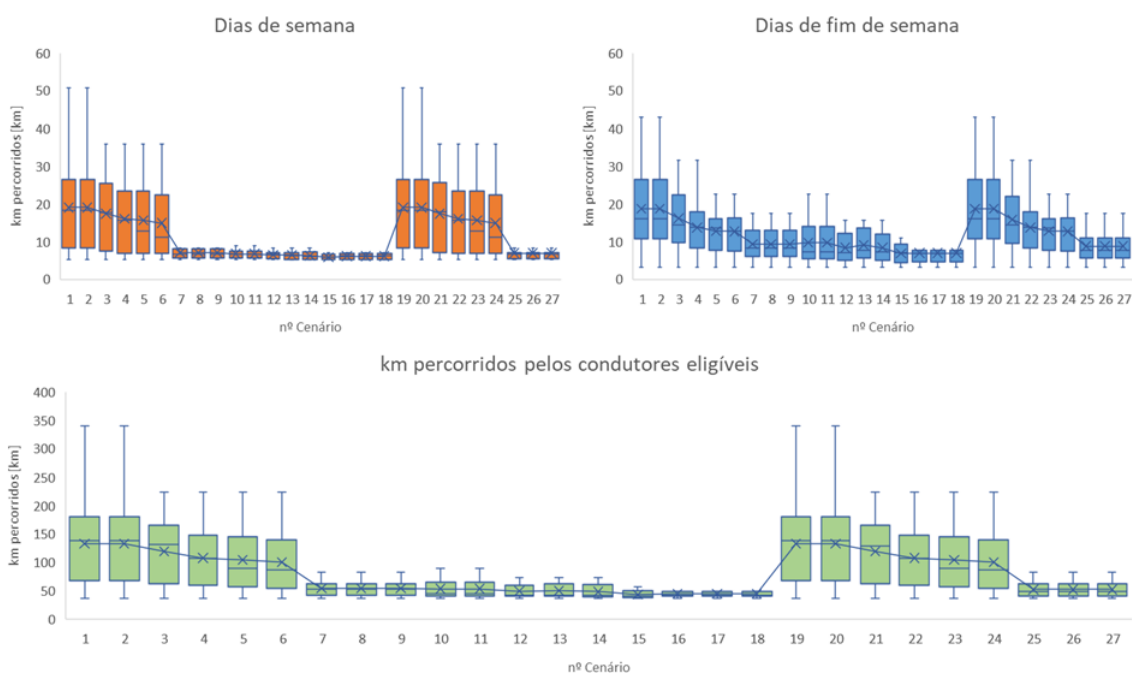


Figura 45 - Distância percorrida pelos condutores elegíveis em cada cenário (Grupo 1)

Através da Figura 44, é possível observar que os valores de elegibilidade são mais significativos nos cenários onde existe maior disponibilidade estrutural e comportamental para carregamento (cenários 1 e 2) e que os carregamentos nocturnos (cenário 19 e 20) têm maior influência na elegibilidade do que os diurnos (com excepção dos cenários [25,26 e 27]), uma vez que durante o período nocturno existe uma menor distribuição de distância percorrida (Figura 45), logo, uma maior disponibilidade operacional de carregamento. Os cenários mais restritos são aqueles que são dominados apenas pelos carregamentos diurnos. Em todos os cenários que têm apenas disponibilidade para carregar ao fim de semana (cenários [7, 8, 9, 25, 26 e 27]) bem como em todos os cenários que apenas oferecem disponibilidade diurna (cenários [10-18]), os únicos condutores elegíveis são aqueles que percorrem menores distâncias.

Através do gráfico da Figura 46, é possível observar que nos cenários em que existe menor elegibilidade, os condutores assumem velocidades mais baixas. É também possível observar, através

do gráfico da Figura 47, a evolução da velocidade média em função da distância percorrida, em cada cenário analisado. A velocidade média e a distância percorrida são características que influenciam o consumo energético dos veículos, e este factor afecta profundamente a elegibilidade.

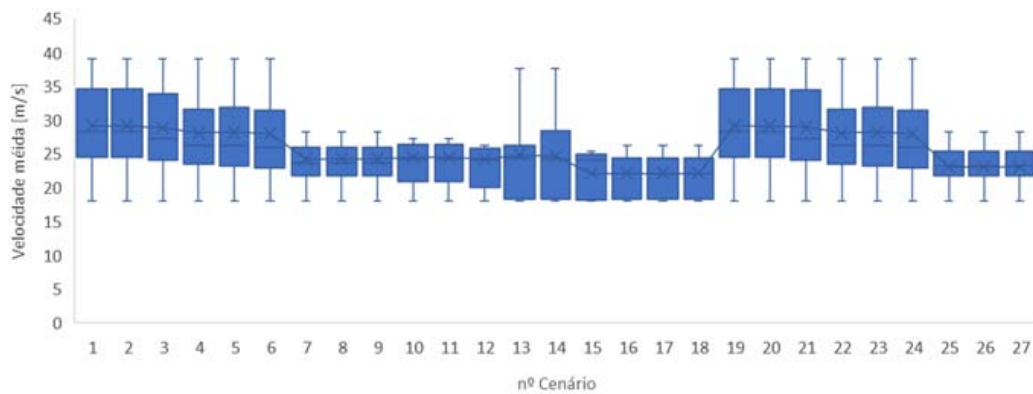


Figura 46 - Velocidade média dos condutores elegíveis por cada cenário (Grupo 1)

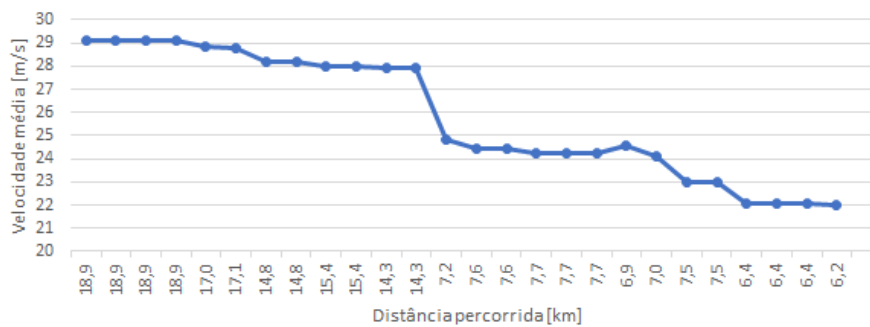


Figura 47 - Velocidade média por distância média diária percorrida por condutor elegível nos diversos cenários (Grupo 1)

De forma a aumentar as probabilidades de elegibilidade, deve-se diminuir ou pelo menos manter o consumo energético o mais baixo possível, sendo necessário teoricamente baixar a velocidade média à medida que a distância percorrida aumenta. Cada ponto do gráfico da Figura 47 representa a combinação desses dois factores. Em cenários muito restritos, existem mais constrangimentos definidos e menos oportunidades de carregamento pelo que apenas os condutores que simultaneamente percorrem menores distâncias e com uma velocidade média inferior se tornam elegíveis.

A disponibilidade operacional para carregamento está intrinsecamente ligada às ocasiões em que o veículo está parado. No entanto, esta não se reflecte directamente em horas de carregamento efectivo, pois depende igualmente da disponibilidade resultante dos constrangimentos definidos pelos cenários de análise, bem como do estado de carga do veículo, resultante da utilização do mesmo. Na situação-limite, mesmo para o cenário mais permissivo, que tem disponibilidade para carregar sempre que possível (Cenário 1), o carregamento nunca poderá ir para além do estado de carga a 100%, mesmo que tenha disponibilidade para tal. Na Figura 48, estão representadas as horas disponíveis em cada cenário para poder realizar um carregamento e as horas que são afectivamente utilizadas em carregamento.

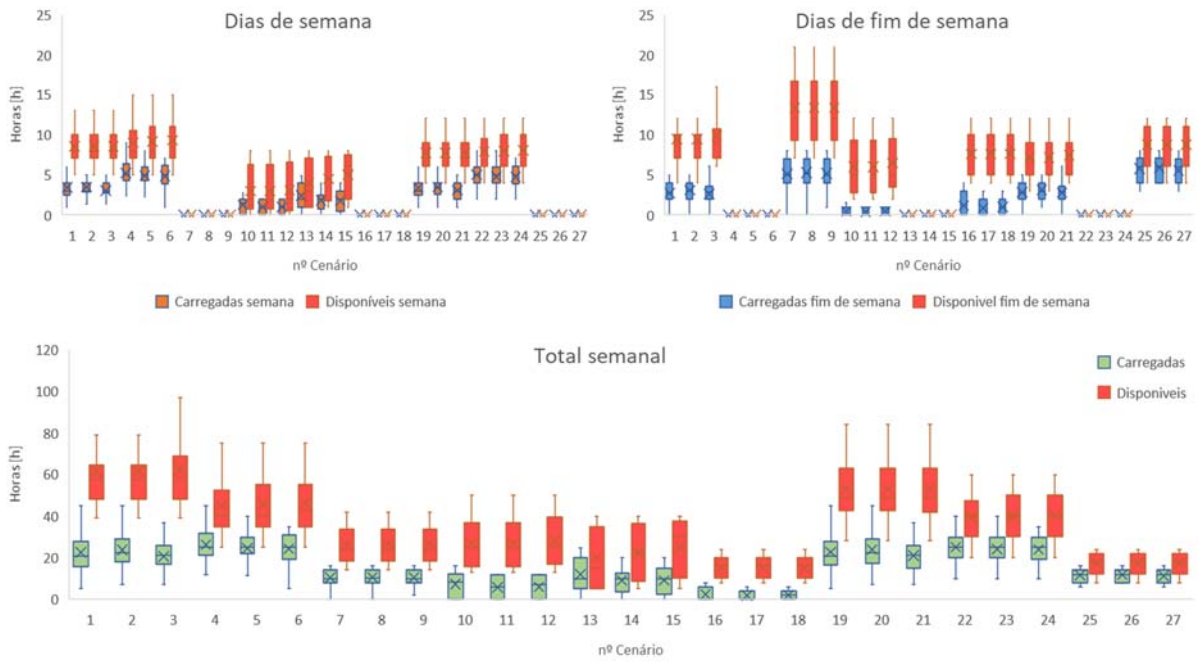


Figura 48 – Distribuição das horas disponíveis e carregadas pelos condutores elegíveis por cenário (Grupo 1)

Durante os dias de semana, nos cenários que só permitem disponibilidade de carregamento durante o dia, uma maior quantidade de horas disponíveis tem de ser traduzida num carregamento efectivo por parte dos condutores, por forma a manter a sua elegibilidade. Já no caso dos dias de fim de semana, o mesmo pode ser concluído, mas para o período nocturno (Figura 49).

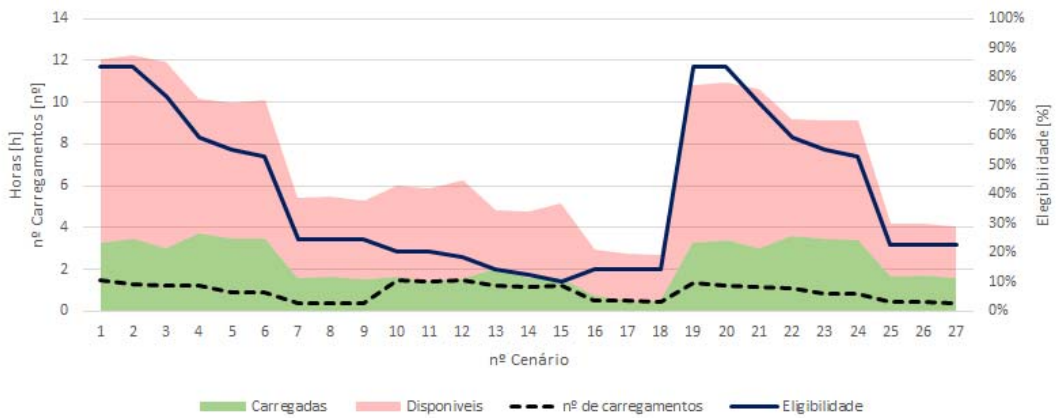


Figura 49 – Número de carregamentos, horas disponíveis e carregadas semanalmente pelos condutores elegíveis por cenário (Grupo 1)

Em termos de energia carregada, em cada cenário, os carregamentos estão representados na Figura 50. Nos cenários em que existe disponibilidade para carregar tanto em dias de semana como de fim de semana, a média da energia carregada pelos condutores elegíveis é superior nos dias de semana. No entanto, quando este constrangimento é adicionado pelo cenário de análise, e apenas efectua carregamentos num dos tipos de dia, este valor é superior nos dias de fim de semana.

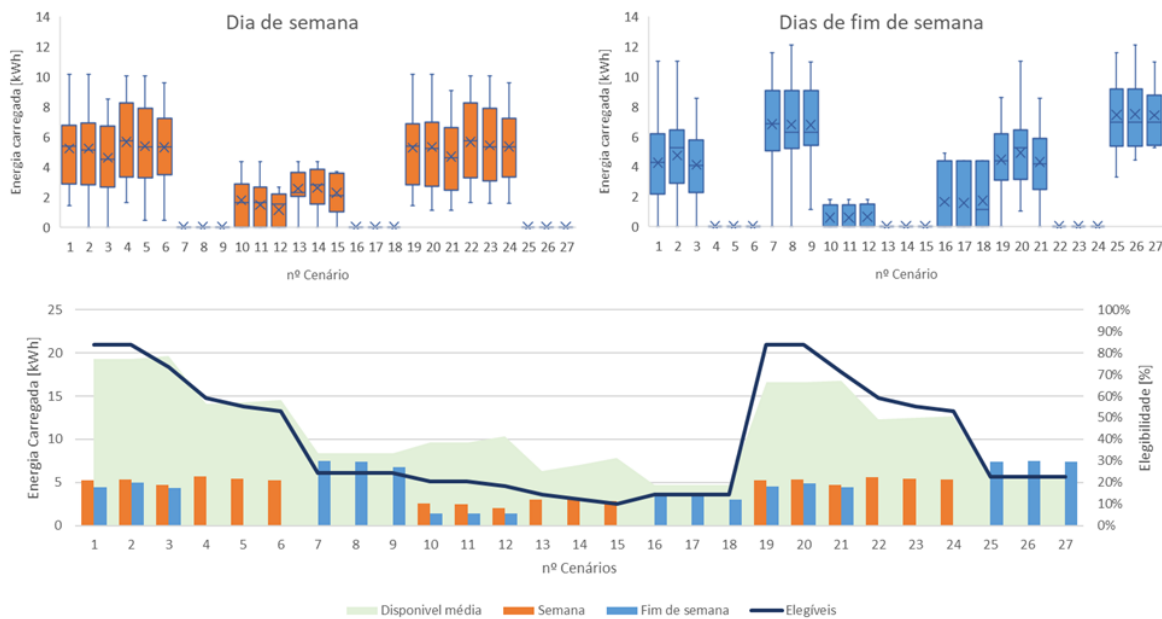


Figura 50 - Energia carregada pelos condutores elegíveis nos diversos cenários (Grupo 1)

Como referido no capítulo anterior, a análise tem em conta a utilização contínua de 4 semanas completas de operação, e não nos podemos esquecer que cada semana completa é composta por 5 dias de semana e 2 de fim de semana, e que, além disso, a distribuição da distância percorrida é mais acentuada nos dias de semana. Assim sendo, o défice energético acumulado é muito maior no início do fim de semana, pelo que é necessário que o carregamento seja mais intenso de modo a obter a elegibilidade nestes cenários, pois em 2 dias terá de carregar a energia necessária para a utilização nos 7 dias semanais.

Tendo em consideração que todos os carregamentos são feitos de igual forma em todos os cenários e em todos os veículos, se a análise for feita de forma individual, condutor a condutor, a quantidade de energia carregada é maior quanto maior for o tempo de carregamento efectivo. No entanto, na perspectiva do cenário, apesar de seguir essa tendência, este facto nem sempre se confirma, pois, a análise é feita apenas com base nos condutores elegíveis e a elegibilidade não é apenas baseada na quantidade de energia que é carregada, uma vez que a utilização do veículo tem um papel preponderante na qualificação da mesma.

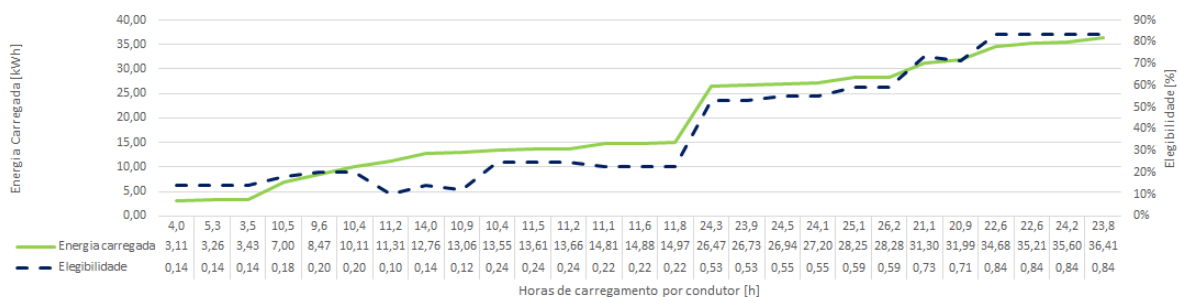


Figura 51 - Energia carregada por horas de carregamento, por condutor elegível nos diversos cenários (Grupo 1)

Com a distribuição horária de carregamentos e de distâncias percorridas por cada condutor, ao serem aplicados os constrangimentos específicos de cada cenário, foi possível obter a distribuição horária de carregamento dos condutores elegíveis. Com base nesta, foi possível obter, para cada cenário, a sua

distribuição percentual dos carregamentos para os diferentes tipos de dia. As Figura 52, Figura 53 e Figura 54 são exemplos de distribuições percentuais características de cenários. A Figura 52, representa um cenário misto de carregamento sem constrangimentos definidos pelo cenário, a Figura 53, um cenário constrangido apenas com disponibilidade durante o período diurno dos fins de semana, e a Figura 54, um cenário constrangido apenas com disponibilidade durante o período noturno dos dias semanais. A totalidade destas distribuições por cada cenário poderá ser encontrada no Anexo B. Nestas distribuições, é possível observar claramente os efeitos dos constrangimentos definidos por cada cenário, bem como o seu comportamento de carregamento em média, daí resultante. É necessário ter em consideração que, por este motivo, a representação gráfica é nula em alguns tipos de dia nos cenários em que para estes existe um constrangimento aplicado ao carregamento.

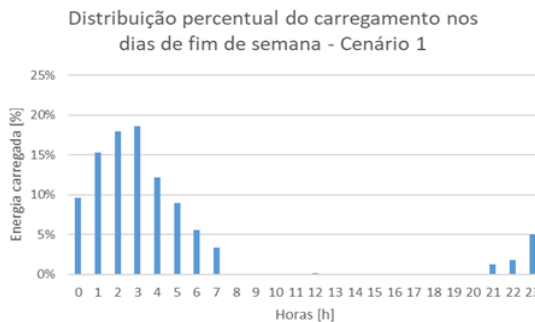
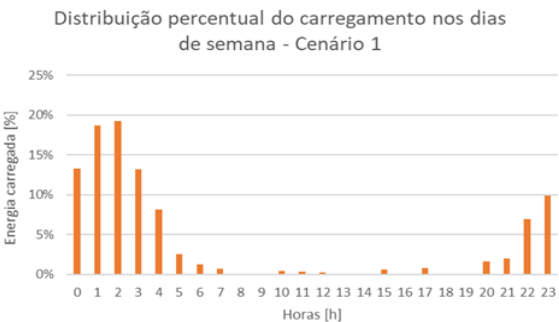
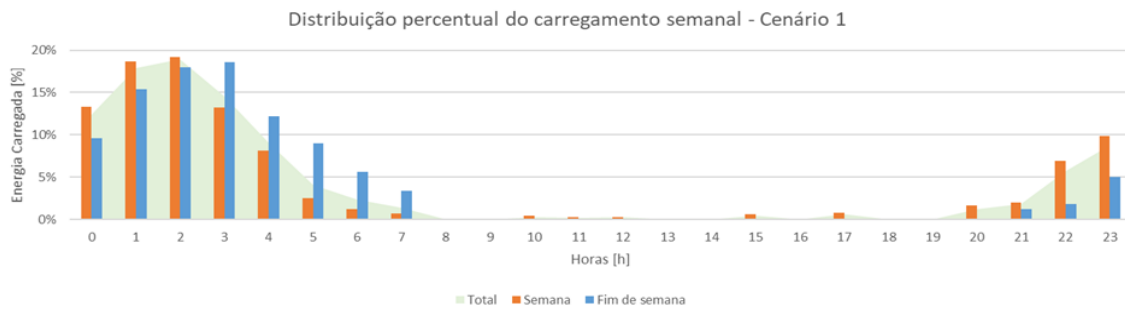


Figura 52 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 1 (Grupo 1)

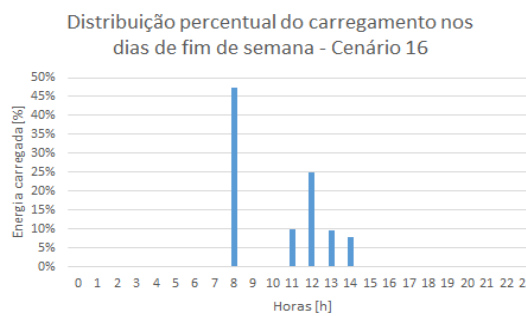
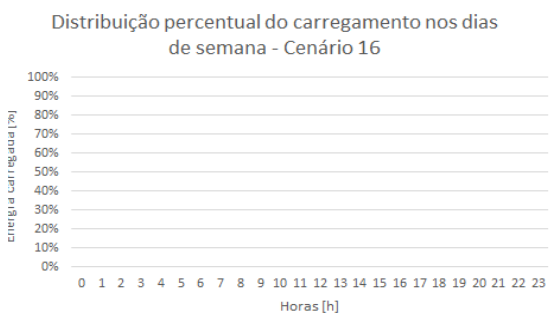
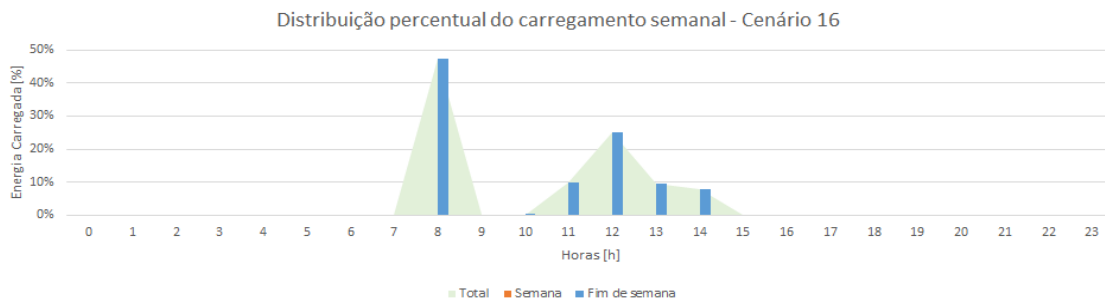


Figura 53 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 16 (Grupo 1)

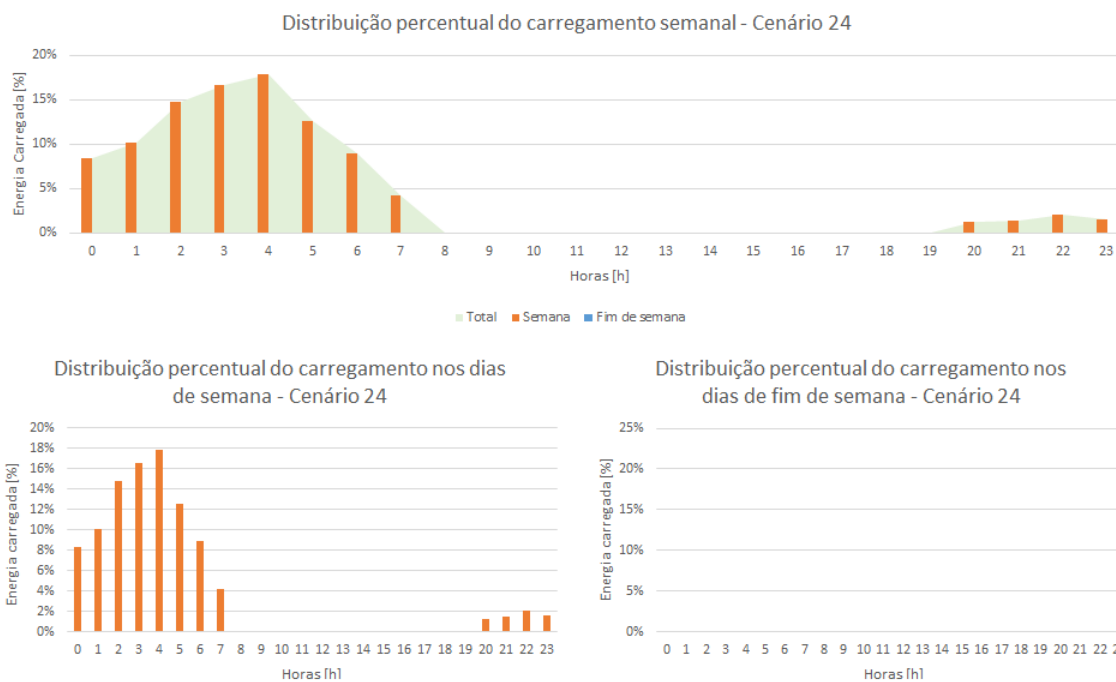


Figura 54 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 24 (Grupo 1)

Através da distribuição horária de carregamentos, foi possível construir um mapa de carregamentos em base horária para todos os cenários, no qual estão distribuídas as percentagens de carregamento ao longo das horas para o dia de semana, o dia de fim de semana e a distribuição com base nos 7 dias semanais. Os mapas das distribuições poderão ser encontrados no Anexo C.

Com base nos mapas das distribuições, é possível observar visualmente, através dos gráficos da Figura 55, a distribuição percentual do carregamento nos dias de semana, de fim de semana e com base nos valores totais semanais. Os gráficos mais detalhados de distribuição percentual do carregamento podem ser igualmente encontrados no Anexo C.

Nos cenários [10-18], existe um constrangimento aplicado que apenas permite uma disponibilidade para efectuar carregamentos durante o dia. Este grupo de cenários é o mais restrito e com menor percentagem de elegibilidade, pelo que apenas é composto por condutores com pouca distância percorrida. Este é também o grupo que apresenta valores menores de energia carregada. O pico da percentagem de carregamento nestes cenários às 8h provém do constrangimento acima referido e por ser a hora fixada para definir o período diurno. Uma vez que a distribuição de distância percorrida é mais intensa neste período, o condutor tem menos oportunidades de disponibilidade de carregamento, pelo que cerca de 50% da energia carregada pelos condutores elegíveis nestes cenários é carregada nesta hora. Quando não existe possibilidade de carregamento nos dias de semana, este efeito de concentração percentual às 8h é agravado nos dias de fim de semana.

Nos cenários [1-9] a energia carregada concentra-se principalmente nas horas do período nocturno, apenas com alguns pequenos carregamentos pontuais durante o dia. Tanto nos cenários mistos [1-9] como nos cenários nocturnos [19-27], a percentagem de energia carregada é dispersa no período nocturno, tendo maior concentração no intervalo horário entre a 1h e as 4h.

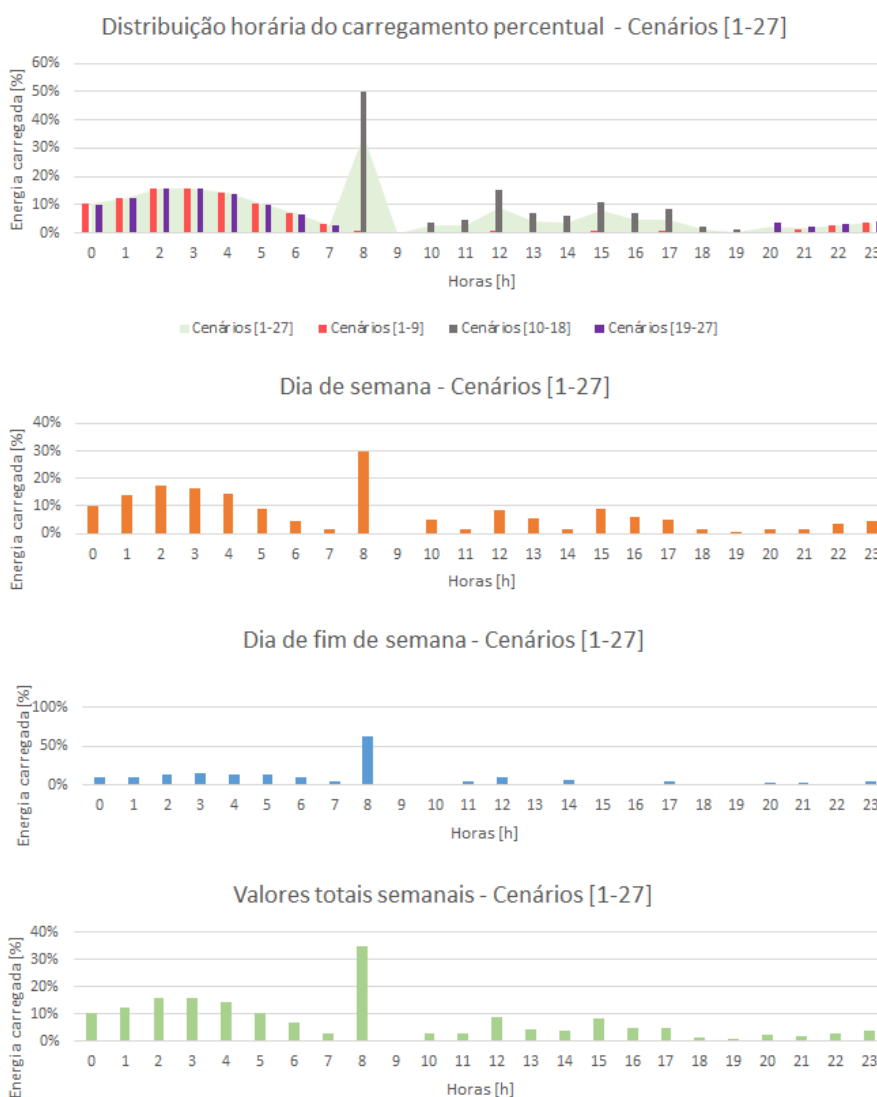


Figura 55 - Distribuição horária do carregamento de energia percentual nos 27 cenários agrupados em 3 grupos consoante a disponibilidade de carregamento no período diário (Grupo 1)

De forma a efectuar uma comparação qualitativa sobre os padrões de mobilidade próprios de cada cenário e a energia carregada, recorreu-se a gráficos polares normalizados à média. Os valores superiores a 1 são superiores à média de valores de todos os cenários e o inverso para os valores inferiores. A totalidade dos gráficos polares pode ser encontrada no Anexo D. Na Figura 56, estão representados gráficos polares representativos de 3 cenários, bem como a sua comparação. Os cenários são característicos de cenários com poucas restrições definidas (cenário 1), com disponibilidade diurna semanal (cenário 18) e com disponibilidade nocturna de fim de semana (cenário 25).

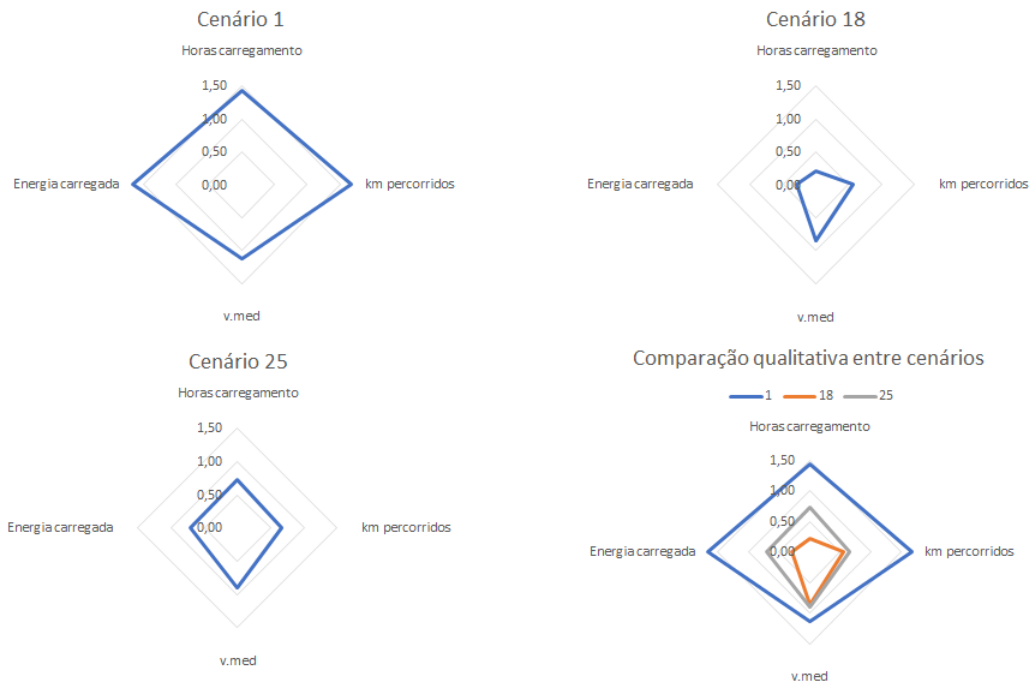


Figura 56 - Gráfico polar dos cenários 1, 18 e 25 e da sua comparação (Grupo 1)

Considerando que cada grupo de cenários é formado pelos mesmos constrangimentos estruturais (tipologia dos períodos diários e dos tipos de dia), é possível aglomerar os cenários em grupos. Para cada grupo de cenários, não varia a forma da figura polar, mas sim a sua magnitude, sendo possível concluir que os constrangimentos estruturais (dias em que pode efectuar carregamento, e períodos diurnos e nocturnos) têm muito mais influência na definição das características do cenário do que as restrições comportamentais, agindo estas como análise de sensibilidade. Na Figura 57, estão representadas as evoluções dos principais parâmetros de cada grupo de cenários.

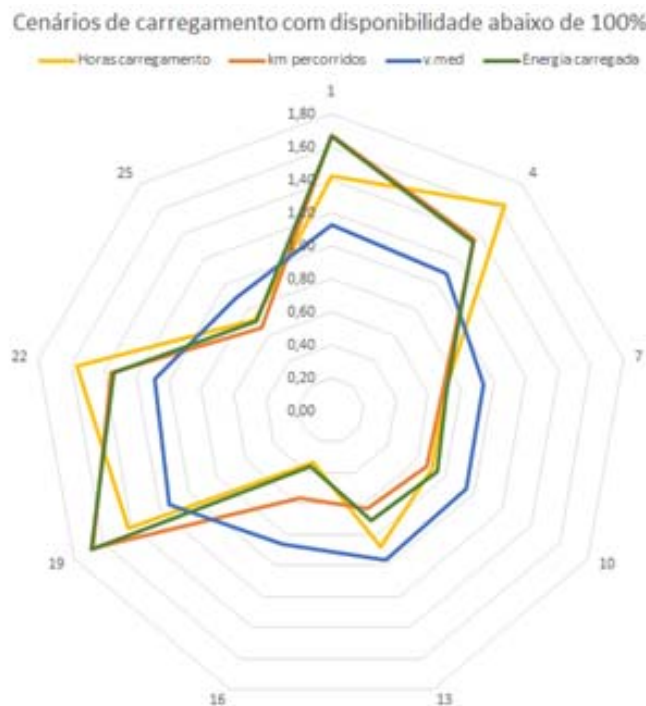


Figura 57 - Gráfico polar para os grupos de cenários com disponibilidade de carregamento quando abaixo de 100% de SOC (Grupo 1)

No capítulo anterior, classificou-se como elegível para a mobilidade eléctrica qualquer condutor que terminasse um ciclo de 4 semanas de utilização com um estado de carga positivo. No entanto, devido aos constrangimentos colocados pelos cenários, há utilizadores que não conseguem carregar a totalidade da energia gasta no ciclo semanal, entrando em défice de carga, semana após semana. Se a energia carregada ao longo da semana for inferior à energia gasta, então este efeito vai acumular-se e chegar a um ponto em que o condutor tem de adequar os seus padrões de mobilidade ou carregamento, nem que seja pontualmente, de modo a poder manter a sua elegibilidade.

Tabela 17 - Efeitos médios resultantes dos constrangimentos definidos para disponibilidade de carregamento face à utilização do veículo por cenário, ao final de uma semana completa (Grupo 1)

Cenários	Energia Carregada [kWh]	Energia Gasta [kWh]	Balanço energético [kWh]	Balanço por condutor [kWh]	Impacte semanal no SOC [%]
1	1477,32	1421,98	-55,33	-1,35	-6,71
2	1477,32	1459,46	-17,86	-0,44	-2,17
3	1151,38	1126,70	-24,68	-0,69	-3,41
4	808,70	820,04	11,34	0,39	1,95
5	728,41	727,50	-0,91	-0,03	-0,17
6	678,54	688,30	9,76	0,38	1,87
7	179,44	163,97	-15,47	-1,29	-6,41
8	179,44	163,33	-16,11	-1,34	-6,68
9	179,44	162,55	-16,90	-1,41	-7,00
10	147,27	101,14	-46,13	-4,61	-22,95
11	147,27	84,75	-62,52	-6,25	-31,11
12	119,43	62,97	-56,47	-6,27	-31,22
13	95,59	89,32	-6,27	-0,90	-4,46
14	80,92	78,37	-2,55	-0,43	-2,11
15	60,43	56,55	-3,88	-0,78	-3,86
16	82,29	22,85	-59,43	-8,49	-42,24
17	82,29	21,78	-60,51	-8,64	-43,01
18	82,29	23,98	-58,31	-8,33	-41,44
19	1477,32	1443,50	-33,81	-0,82	-4,10
20	1477,32	1492,84	15,53	0,38	1,88
21	1103,24	1119,57	16,33	0,47	2,32
22	808,70	819,26	10,57	0,36	1,81
23	728,41	734,31	5,90	0,22	1,09
24	678,54	694,88	16,34	0,63	3,13
25	158,95	163,70	4,75	0,43	2,15
26	158,95	164,65	5,70	0,52	2,58
27	158,95	162,86	3,90	0,35	1,77

Com base na Tabela 17, é possível constatar que para esta amostra, os condutores elegíveis dos cenários [1,2,3,5,7,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18 e 19] têm um impacto semanal no seu SOC negativo, ou seja, não têm oportunidade de carregar a energia toda que é utilizada semanalmente.

Encontra-se numa tabela no Anexo E, um resumo dos dados principais que serviram de base para a apresentação destes resultados.

4.2.2 Ligeiros comerciais – Grupo 2

Antes da apresentação dos resultados deste grupo de análise, é necessário ter em conta que, devido ao reduzido número da amostra de condutores e devido ao nível de utilização dos veículos

monitorizados ser muito ligeiro, a amostra não é representativa da utilização real típica de todos os veículos desta tipologia (ligeiros comerciais), mas apenas dos veículos monitorizados e que efectuem o tipo serviço especializado a que estes estão alocados.

Após a validação de condutores, a amostra dos 7 condutores válidos segue a distribuição horária representada na Figura 58. Através da visualização das mesmas, é possível verificar que a maioria das distâncias percorridas ocorrem no período diurno, tanto nos dias de semana como de fim de semana. As distâncias percorridas por este tipo de veículos são particularmente baixas, pois trata-se de viaturas especializadas pertencentes à Câmara Municipal e Juntas de Freguesia. A distribuição de distâncias percorridas é mais intensa durante os dias de semana, especialmente em período laboral, à excepção do meio-dia, que é coincidente com a hora de almoço. Durante os dias de fim de semana, o período mais intenso situa-se no período diurno, durante a manhã.

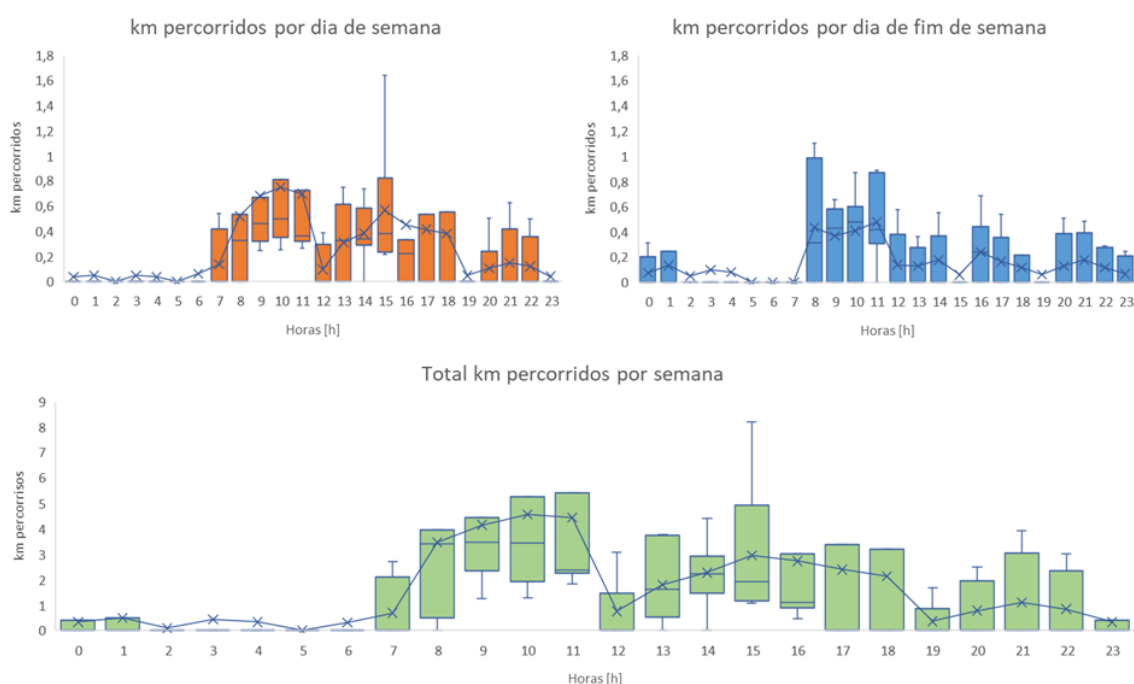


Figura 58 - Quilómetros percorridos pelos condutores válidos em dias de semana, fim de semana e total semanal (Grupo 2)

Depois de efectuada a análise de elegibilidade para cada um dos 27 cenários, foi possível constatar que, para a amostra de condutores, todos são elegíveis em todos os cenários, excepto nos cenários 13,14,15 e 18. Todos estes são cenários onde existe o constrangimento definido de haver apenas disponibilidade de carregamento durante o dia.

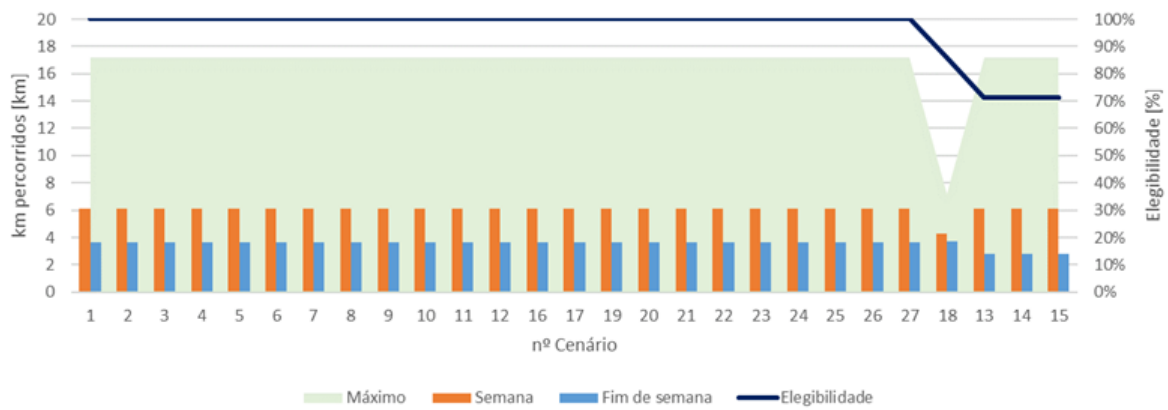


Figura 59 - Distância percorrida nos diversos Cenários (Grupo 2)

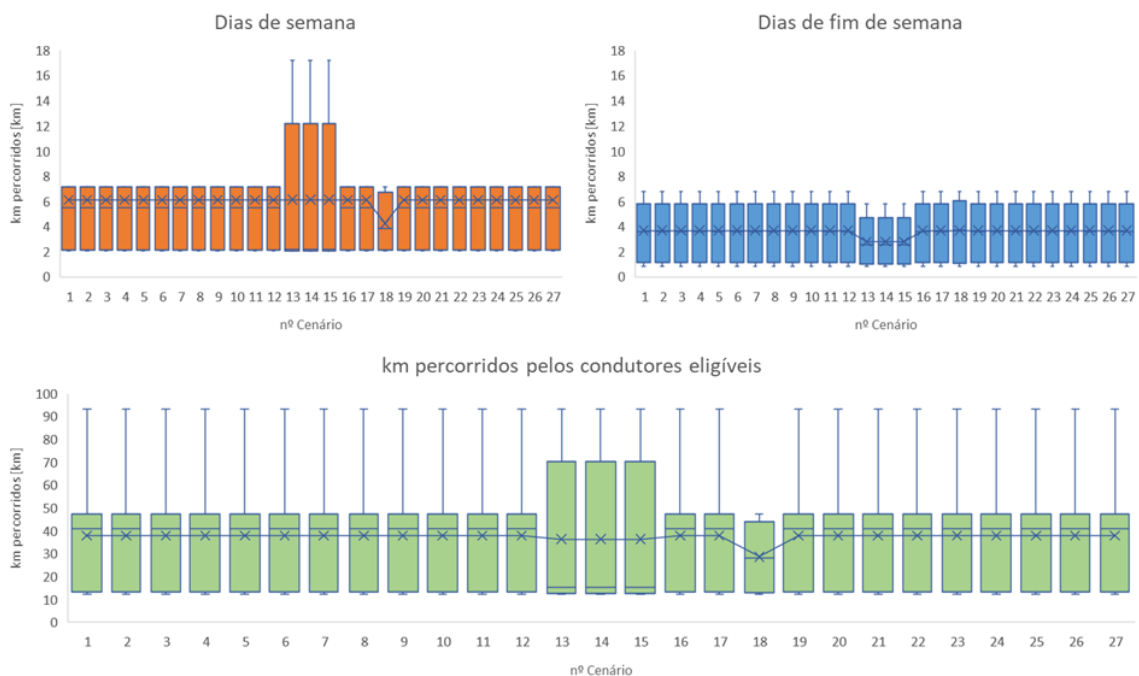


Figura 60 - Distância percorrida pelos condutores elegíveis em cada cenário (Grupo 2)

No caso particular do cenário 18, o único condutor não elegível é o condutor que percorre maiores distâncias. Nos cenários 13, 14 e 15, a não elegibilidade de dois condutores deve-se à disponibilidade operacional não ser compatível com a disponibilidade resultante após a aplicação dos constrangimentos dos cenários.

No que toca à velocidade média dos condutores elegíveis (Figura 61), uma vez que a quantidade de elegíveis não se altera na maior parte dos cenários, a distribuição de velocidade média mantém-se quase igual. Nos cenários de carregamento diurno em dia de semana (cenários 13, 14 e 15), o valor desce ligeiramente, enquanto que no cenário 18 sobe.

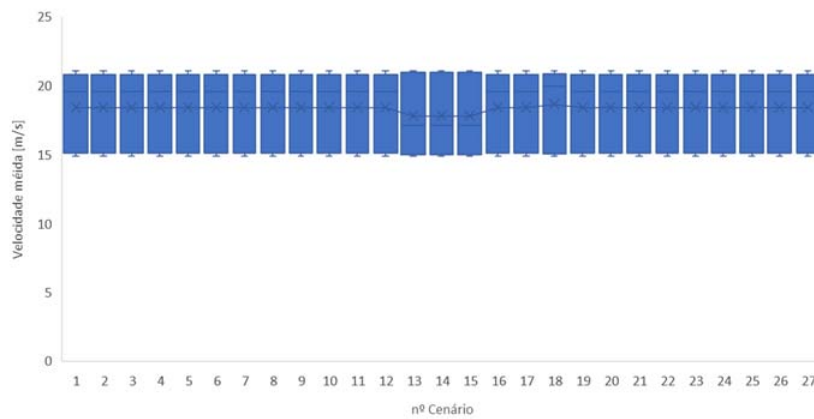


Figura 61 - Velocidade média dos condutores elegíveis por cada cenário (Grupo 2)

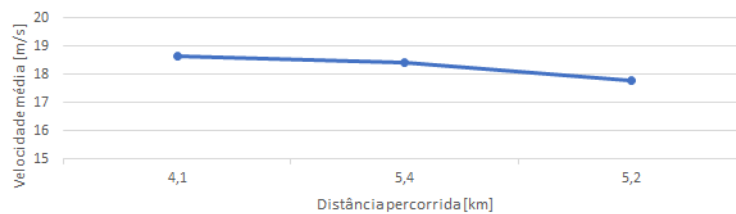


Figura 62 - Velocidade média vs distância média diária percorrida por condutor elegível nos diversos cenários (Grupo 2)

Quando comparadas as velocidades médias com as distâncias percorridas pelos condutores elegíveis (Figura 62), estas seguem a tendência já descrita na secção anterior, uma vez que a velocidade média decresce com o aumento da distância percorrida.

Quando comparadas as horas de carregamento efectivo com as horas de carregamento disponíveis, é possível concluir que os condutores elegíveis de todos os cenários, à excepção dos cenários em que a disponibilidade de carregamento só é permitida durante o dia, têm substancialmente mais horas disponíveis do que as que realmente necessitam.

Através da Figura 63, é possível observar que os carregamentos são mais frequentes quando existe a disponibilidade de carregamento, simultaneamente, em dias de semana e de fim de semana, e quando, no fim de semana, os carregamentos são mais longos, sendo o número de carregamentos menor.

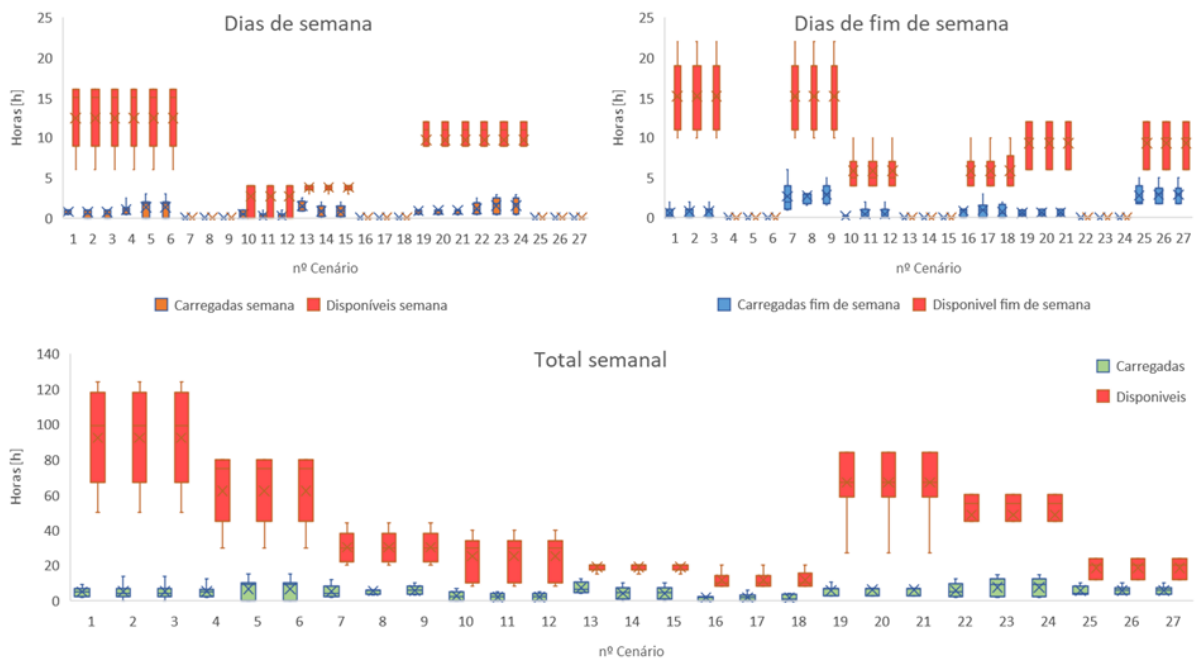


Figura 63 - Distribuição das horas disponíveis e carregadas pelos condutores elegíveis por cenário (Grupo 2)

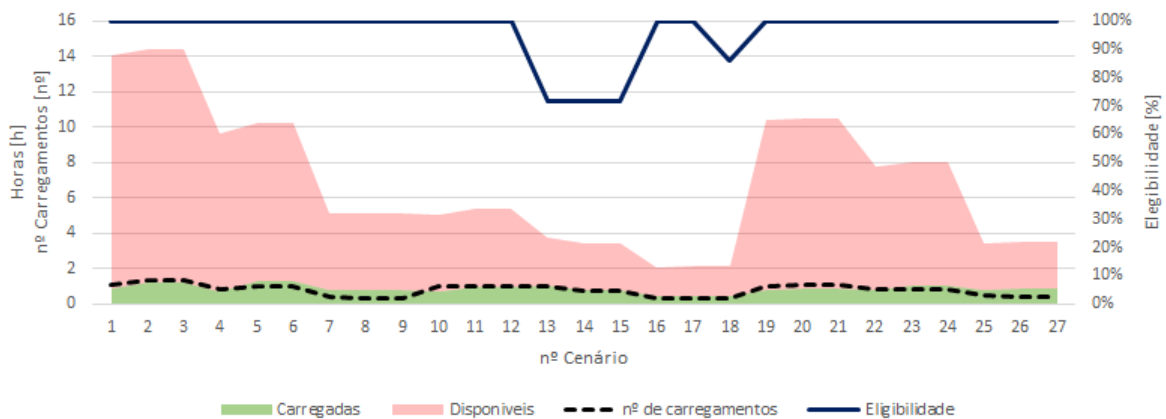


Figura 64 - Número de carregamentos, horas disponíveis e carregadas em média semanal pelos condutores elegíveis por cenário (Grupo 2)

Em termos de energia carregada, em cada cenário, os carregamentos estão representados na Figura 64.

Nos cenários em que existe disponibilidade para carregar tanto em dias de semana como de fim de semana, a média da energia carregada por dia é maior nos dias de fim de semana. Apenas nos cenários em que só é permitido carregar de noite, é que a média de energia carregada é superior nos dias de semana. Tal como acontece na secção anterior, e pelas mesmas razões, a média de carregamento é tendencialmente superior nos dias de fim de semana, quando existe um constrangimento que impõe esta tipologia, face ao constrangimento que impõe um carregamento semanal.

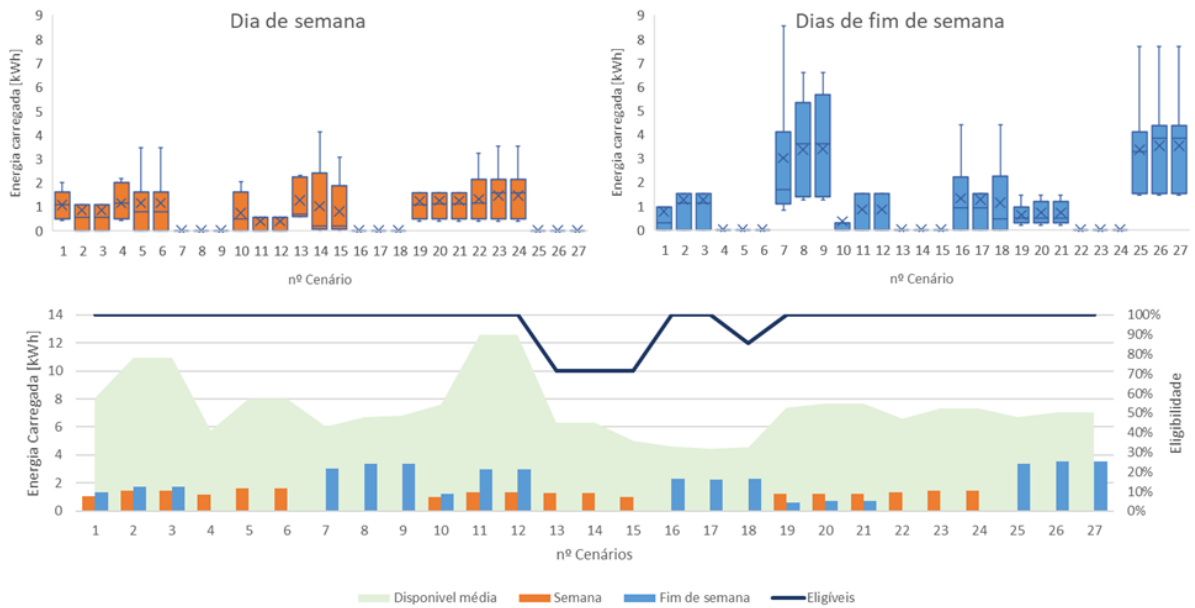


Figura 65 - Energia carregada pelos condutores elegíveis nos diversos cenários (Grupo 2)

A Figura 66, Figura 67 e Figura 68, são exemplos de distribuições percentuais características de cenários. No caso desta amostra, a energia carregada é baixa e não é possível assistir a uma distribuição mais uniforme, uma vez que os valores pontuais horários tomam valores relativos muito altos apesar de quantitativamente não serem muito energéticos. A totalidade das distribuições poderá ser encontrada no Anexo B.

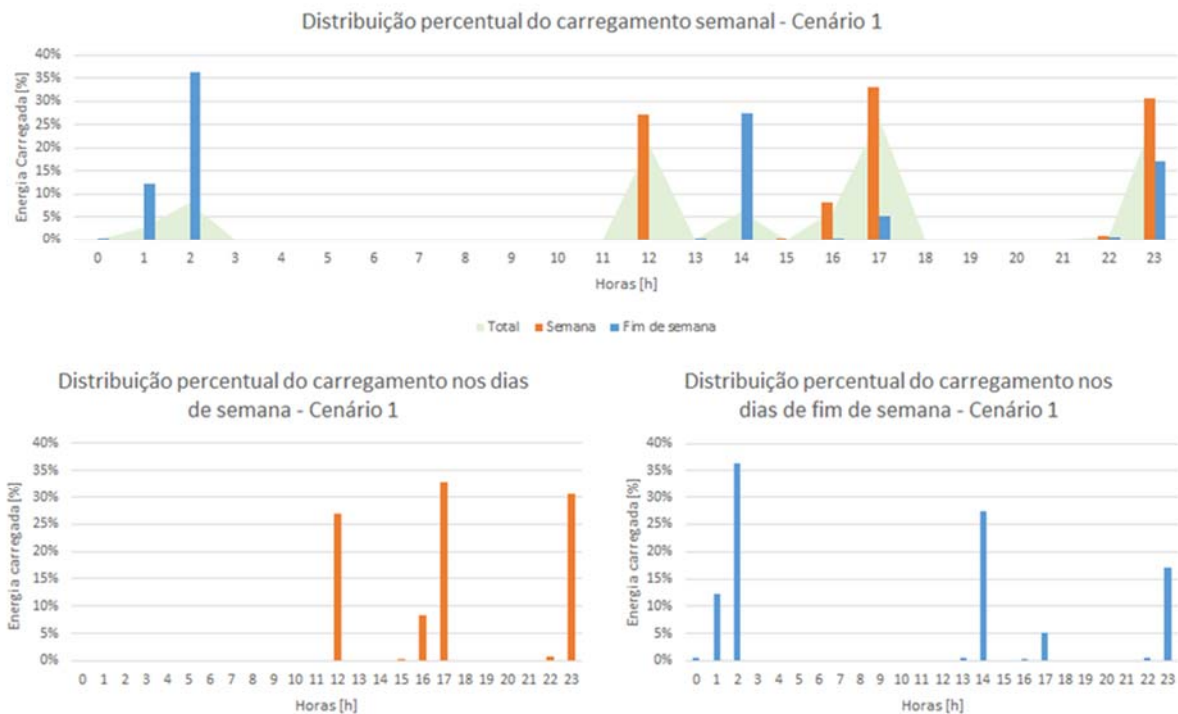


Figura 66 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 1 (Grupo 2)

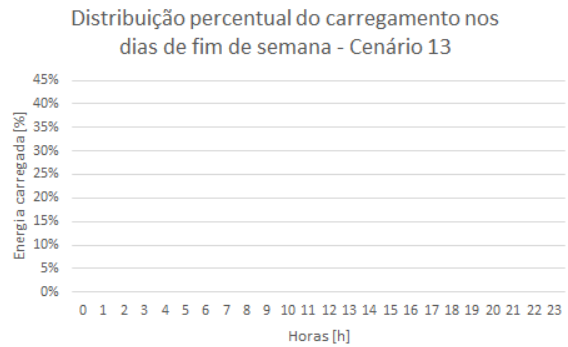
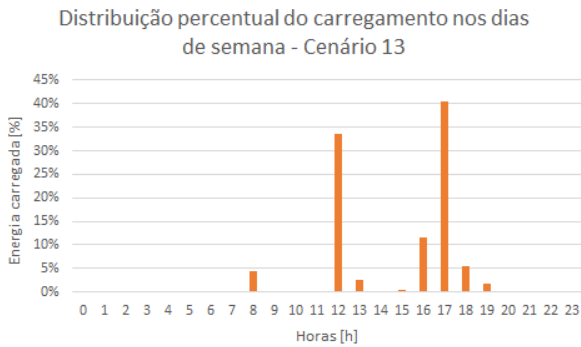
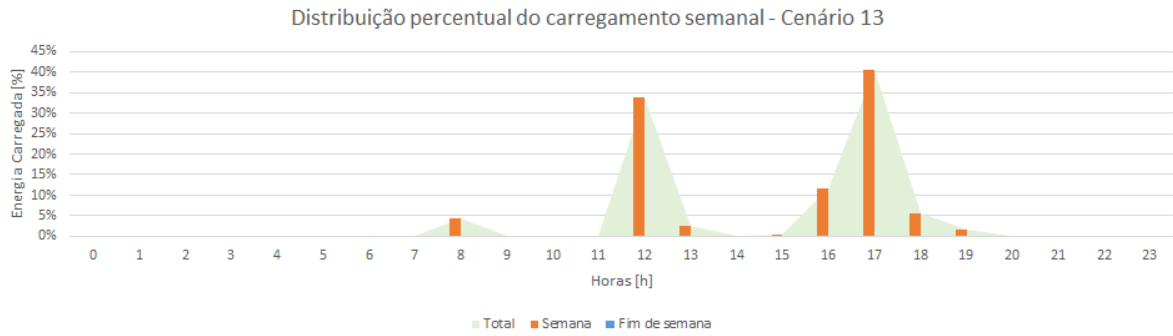


Figura 67 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 13 (Grupo 2)

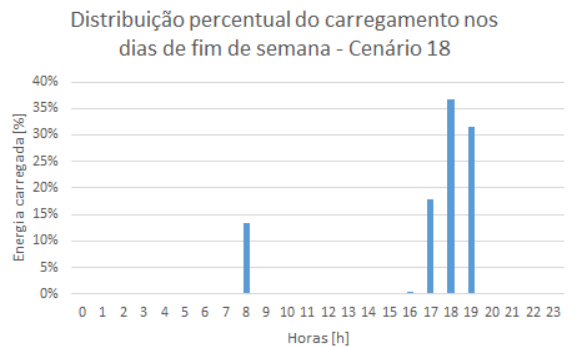
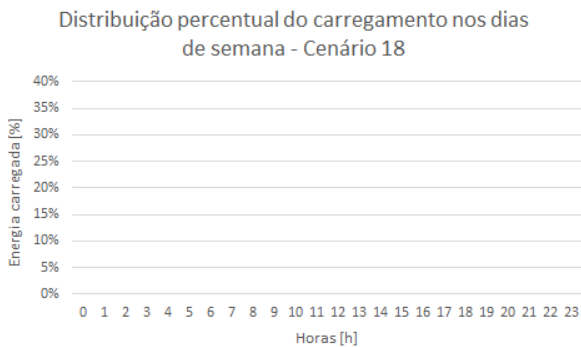
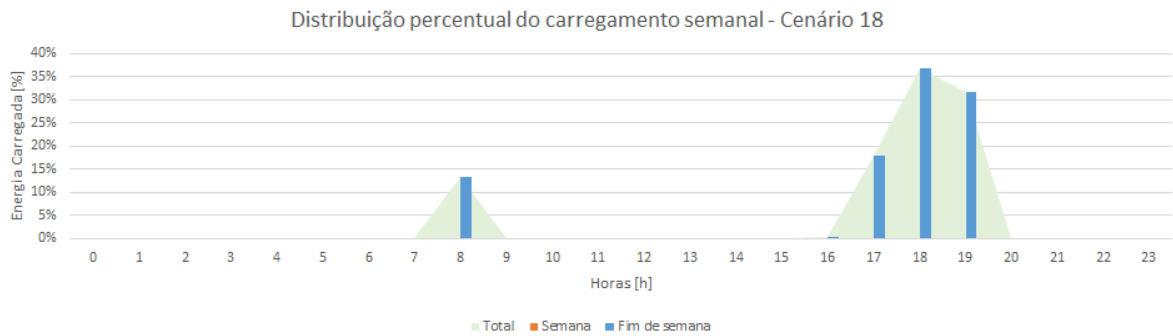


Figura 68 - Distribuição semanal do carregamento percentual para o cenário 18 (Grupo 2)

Com base nos mapas de carregamentos em base horária para todos os cenários, é possível observar a distribuição percentual do carregamento nos dias de semana, de fim de semana e com base nos valores totais semanais. Os mapas de carregamento, bem como os gráficos mais detalhados da distribuição percentual do carregamento podem ser igualmente encontrados no Anexo C.

Neste caso, nos cenários mistos [1-9], os condutores elegíveis apresentam uma distribuição dispersa pelas horas diárias, excepto no período da manhã. Os maiores picos de carregamento diurnos ocorrem

perto da hora de almoço (às 12h e às 14h). O período nocturno também apresenta três períodos substanciais às 21h, 23h e à 1h.

No caso dos cenários nocturnos [19-27], os condutores apresentam uma distribuição dispersa, tendo um pico de carregamento às 20h. Este pico ocorre, em parte, devido ao efeito dos constrangimentos de cenários definidos, uma vez que o horário das 20h foi o valor fixado para definir o período nocturno.

No caso dos cenários diurnos [10-18], a distribuição de carregamentos é mais pontual, apresentando dois picos de carregamento às 12h e às 14h.

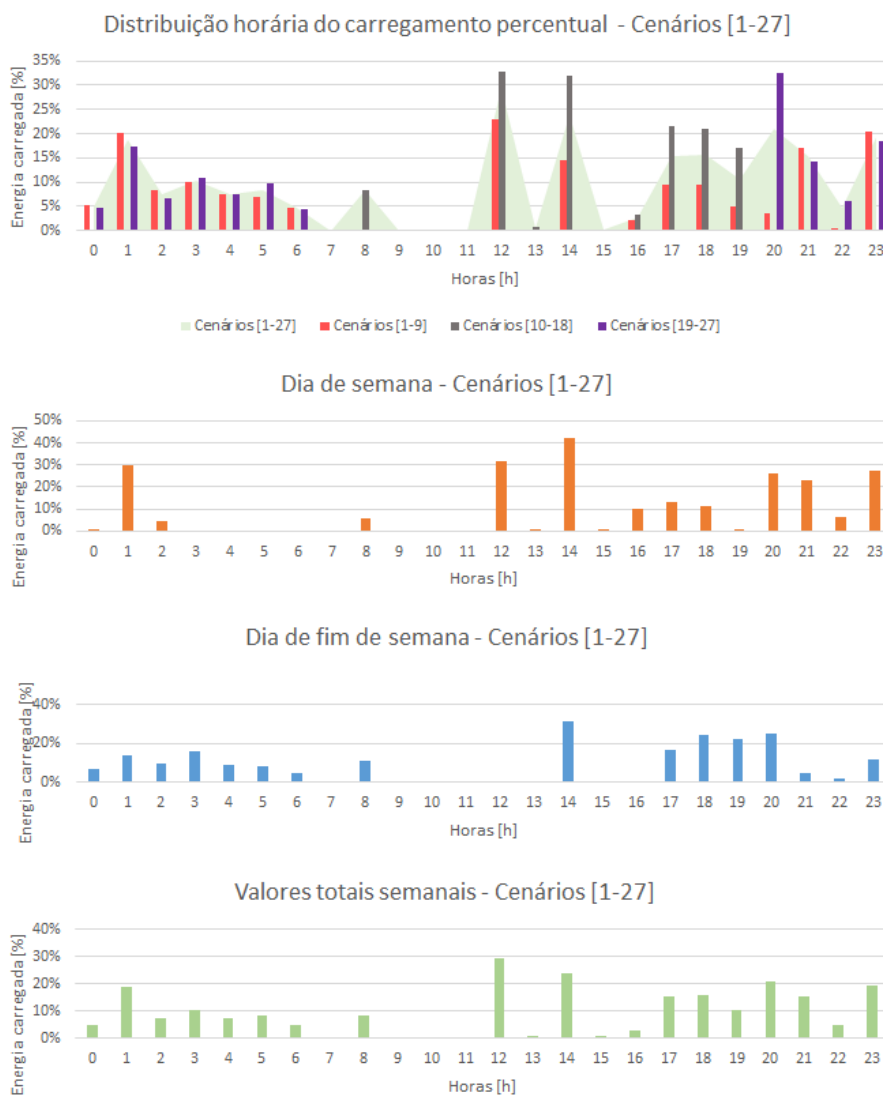


Figura 69 - Distribuição horária do carregamento de energia percentual nos 27 cenários agrupados em 3 grupos consoante a disponibilidade de carregamento no período diário (Grupo 2)

Como comparação qualitativa entre cenários, pode-se recorrer aos gráficos polares. A Figura 70, são representativas de um cenário com poucos constrangimentos definidos, disponibilidade diurna semanal e disponibilidade diurna em fim de semana, respectivamente. A totalidade dos gráficos polares pode ser encontrada no Anexo D.

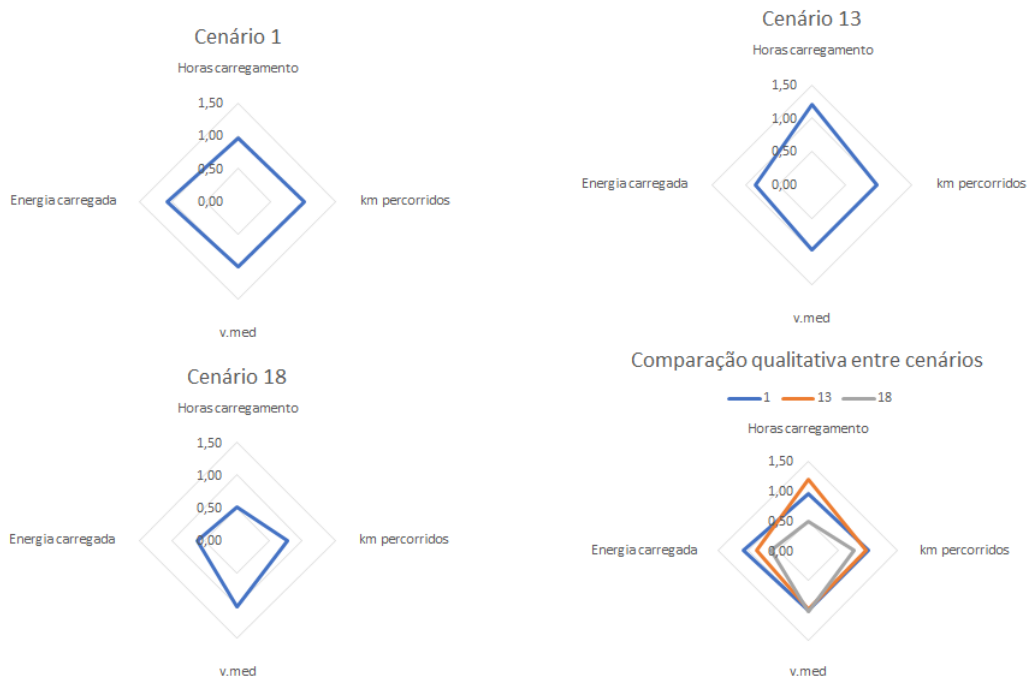


Figura 70 - Gráfico polar dos cenários 1, 13 e 18 e da sua comparação (Grupo 2)

Considerando os grupos de cenários, na Figura 71, estão representadas as evoluções dos principais parâmetros de cada grupo de cenários.

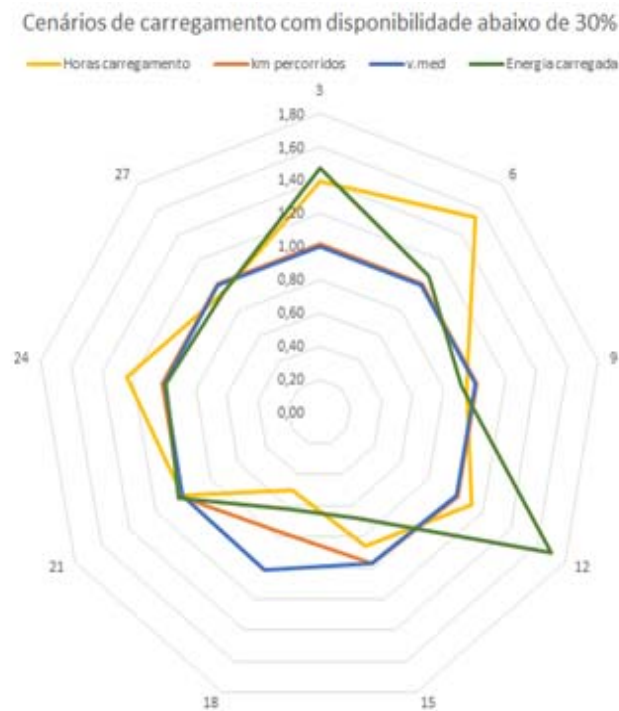


Figura 71 - Gráfico polar para os grupos de cenários com disponibilidade de carregamento quando abaixo de 30% de SOC (Grupo 2)

Os efeitos médios resultantes dos constrangimentos definidos pelos cenários, face à utilização do veículo, estão apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Efeitos médios resultantes dos constrangimentos definidos para disponibilidade de carregamento face à utilização do veículo por cenário, ao final de uma semana completa (Grupo 2)

Cenários	Energia Carregada [kWh]	Energia Gasta [kWh]	Balanço energético [kWh]	Balanço por condutor [kWh]	Impacto semanal no SOC [%]
1	48,09	52,27	-4,18	-0,60	-3,24
2	47,18	52,27	-5,09	-0,73	-3,95
3	47,18	52,27	-5,09	-0,73	-3,95
4	40,35	52,27	-11,92	-1,70	-9,24
5	39,99	52,27	-12,28	-1,75	-9,52
6	39,99	52,27	-12,28	-1,75	-9,52
7	42,23	52,27	-10,04	-1,43	-7,79
8	46,93	52,27	-5,34	-0,76	-4,14
9	47,56	52,27	-4,71	-0,67	-3,66
10	30,57	52,27	-21,70	-3,10	-16,82
11	25,17	52,27	-27,10	-3,87	-21,01
12	25,17	52,27	-27,10	-3,87	-21,01
13	31,63	36,59	-4,97	-0,99	-5,39
14	25,29	36,59	-11,31	-2,26	-12,28
15	20,09	36,59	-16,50	-3,30	-17,92
16	18,42	52,27	-33,85	-4,84	-26,25
17	17,75	52,27	-34,52	-4,93	-26,77
18	13,69	36,28	-22,59	-3,76	-20,43
19	51,61	52,27	-0,66	-0,09	-0,51
20	53,52	52,27	1,25	0,18	0,97
21	53,52	52,27	1,25	0,18	0,97
22	46,04	52,27	-6,23	-0,89	-4,83
23	51,36	52,27	-0,91	-0,13	-0,71
24	51,36	52,27	-0,91	-0,13	-0,71
25	47,08	52,27	-5,19	-0,74	-4,03
26	49,22	52,27	-3,05	-0,44	-2,37
27	49,22	52,27	-3,05	-0,44	-2,37

Com base na Tabela 18, é possível observar que, quando a análise é efectuada ao cenário, apesar das distâncias percorridas e dos valores de energia utilizados e carregados serem baixos, a distribuição da disponibilidade operacional e a metodologia utilizada não permitem que toda a energia utilizada seja carregada semanalmente, em quase todos os cenários.

Encontra-se numa tabela no Anexo E, um resumo dos dados principais que serviram de base à apresentação destes resultados.

4.3 Quantificação de impactes

Ao contrário dos veículos convencionais, os impactes derivados da utilização de veículos eléctricos não são produzidos no local nem no momento da utilização do veículo. Estes vão variando consoante as características das fontes de produção de energia eléctrica, que se vão alterando em função da hora a que a energia é produzida e sazonalidade. Como foi referido no capítulo anterior, a respeito da rede eléctrica, a penetração de energias renováveis e de energia de PRE são indicadores do desempenho ambiental e de independência energética, respectivamente. Tendo em consideração os padrões de mobilidade dos condutores elegíveis nos cenários anteriores, é possível, nestas condições, efectuar uma análise quantitativa dos impactes resultantes da utilização diária dos veículos, por parte dos condutores elegíveis nos diversos cenários definidos.

4.3.1 Ligeiros de passageiros – Grupo 1

Os consumos energéticos estão directamente dependentes dos padrões de mobilidade e de carregamento de cada cenário, sendo que cada cenário possui características únicas que o distingue dos demais, pois os valores médios vão-se alterando consoante os constrangimentos aplicados, e as características dos seus condutores elegíveis.

Com base na distribuição percentual horária de carregamentos dos condutores elegíveis e no factor de emissão de CO₂ resultante da produção eléctrica, foi possível quantificar a quantidade de emissões produzidas para cada período anual em estudo. Através da sua divisão pelo valor de energia carregada no respectivo dia, obteve-se o valor do factor de emissões de CO₂ para cada condutor elegível em cada cenário, para os diferentes tipos de dia, bem como para o valor total semanal. O valor associado ao cenário é a média dos valores dos seus condutores elegíveis associados. A mesma metodologia foi empregue na quantificação da penetração de energias renováveis e de energias produzidas em regime especial (PRE).

Apesar de estarem modeladas distribuições para todos os períodos sazonais, a comparação entre o período de Inverno e Verão torna-se especialmente interessante, pois são dois períodos sazonais de extremos opostos, e nos quais se verificaram as maiores diferenças entre eles. Nas Figura 72 e Figura 73, está representada a distribuição horária da penetração de renováveis, bem como duas distribuições típicas do Factor de emissão de CO₂, sendo uma em base horária, proveniente da produção (rede) e outra associada a cada cenário, proveniente da distribuição de carregamentos. A totalidade das distribuições do factor de emissão de CO₂ pode ser encontrada no Anexo F.

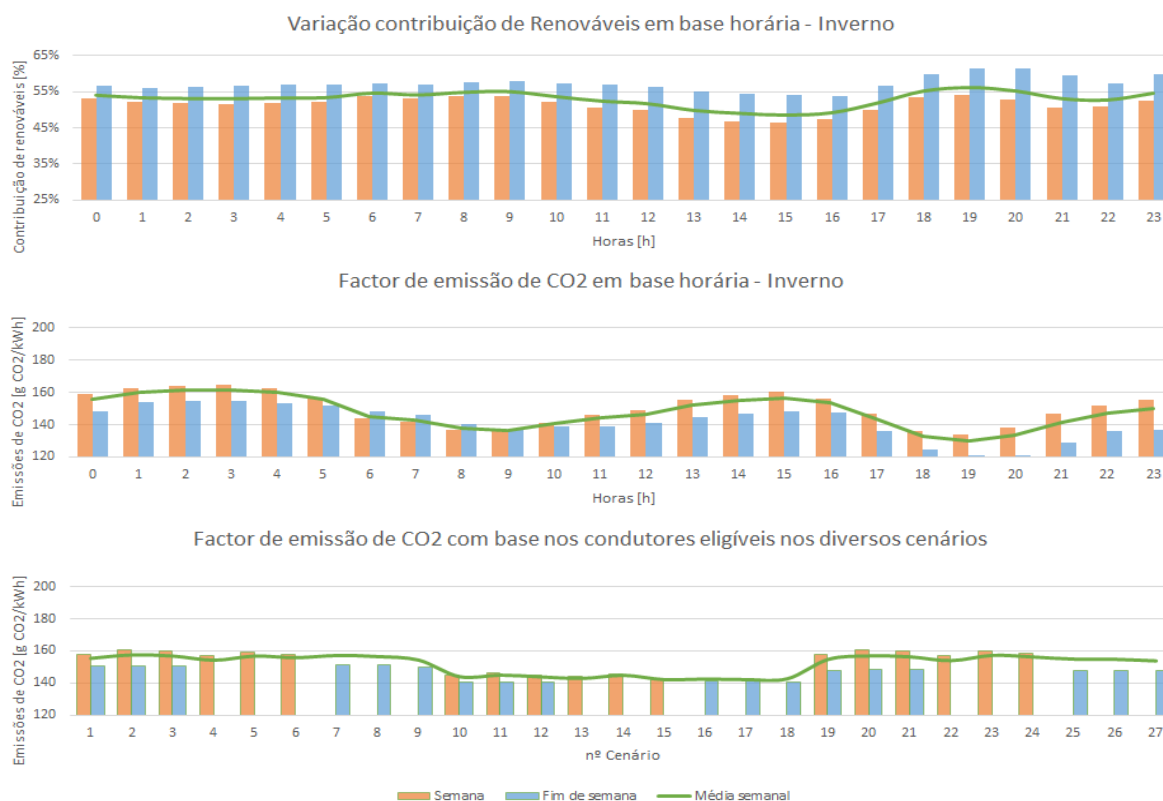


Figura 72 – Penetração de energias renováveis e Factor de emissão de CO₂ em base horária e com base nos condutores elegíveis no período sazonal de Inverno (Grupo 1)

Com base nestas distribuições é possível observar claramente os efeitos sazonais na produção eléctrica e quais as alterações dos impactes que os carregamentos provocam mantendo o tipo de padrões de mobilidade e de carregamentos. O período sazonal a que estão associadas menores emissões de CO₂ é o Inverno, pois neste período existe uma maior penetração de energias renováveis sem emissões associadas de CO₂. Neste ano, o cenário com menores impactes associados aos carregamentos é o cenário 15 (com 142 g CO₂/kWh) e o com maiores é o 2 (com 157 g CO₂/kWh), o que não deixa de ser curioso, uma vez que se tratam dos cenários com taxas de elegibilidade mais baixa e mais alta, respectivamente.

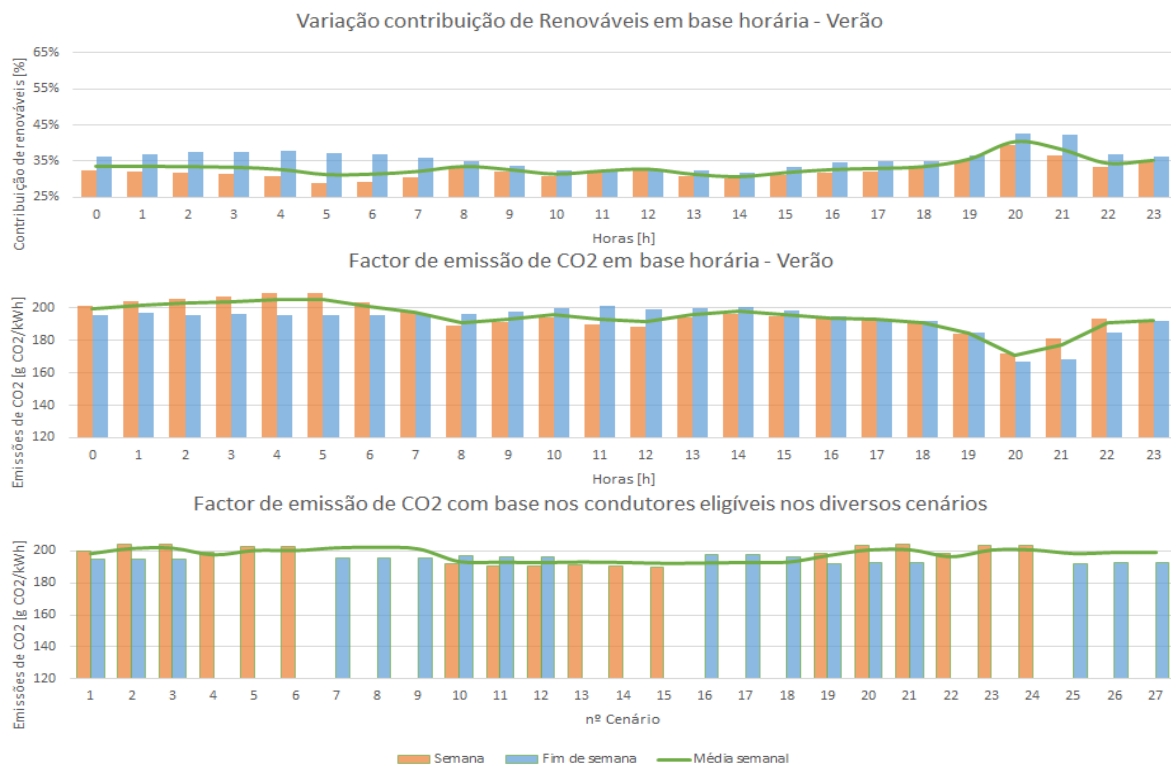


Figura 73 – Penetração de energias renováveis e Factor de emissão de CO₂ em base horária e com base nos condutores elegíveis no período sazonal de Verão (Grupo 1)

Quanto ao período sazonal de Verão, no que diz respeito às emissões, o contrário é verdade, sendo o período sazonal com maiores emissões e com menor penetração de renováveis. O cenário com menores emissões associadas neste período, continua a ser o cenário 15 (desta vez com 192 g CO₂/kWh) e o que apresenta maiores é o cenário 8 (com 202 g CO₂/kWh).

Um exemplo dos efeitos da oportunidade de carregamento pode ser verificado utilizando a comparação entre os cenários 1 e 2. Estes dois cenários fazem parte do mesmo grupo de cenários, com o mesmo tipo de constrangimentos definidos, mudando apenas a sensibilidade de início de carregamento, e possuem o mesmo nível de elegibilidade eléctrica. No entanto, a distribuição horária é ligeiramente desviada pois o cenário 2 efectua o carregamento no mesmo período, mas ligeiramente mais tarde. Este efeito faz com que a diferença entre os dois factores de emissões assuma valores superiores entre 1,34% (no Inverno) e 1,65% (no Verão).

Apesar dos dois períodos sazonais serem muito diferentes, o factor médio semanal apresenta evoluções de forma semelhantes nos dois casos, adquirindo, no entanto, valores muito superiores no Verão.

É necessário ter em conta que esta análise diz respeito ao ano de 2017, e os factores de emissão podem mudar consideravelmente de ano para ano, dependendo da penetração de energias renováveis na produção eléctrica.

Nas Figura 74 e Figura 75, estão representadas por comparação directa, as diferenças dos impactes resultantes, mantendo os padrões de mobilidade, entre um ICE e um EV, novamente para os períodos de Inverno e Verão. Cada cenário apenas teve em consideração os seus condutores elegíveis e padrões associados. O consumo do ICE foi estimado pela mesma metodologia, sendo as emissões resultantes, apenas derivadas dos respectivos condutores elegíveis para a mobilidade eléctrica em cada cenário. As emissões que dizem respeito a electricidade, são derivadas dos carregamentos efectuados pelos condutores elegíveis utilizando os factores obtidos anteriormente em cada cenário. A totalidade dos gráficos de comparação de emissões poderá ser encontrado no Anexo G.

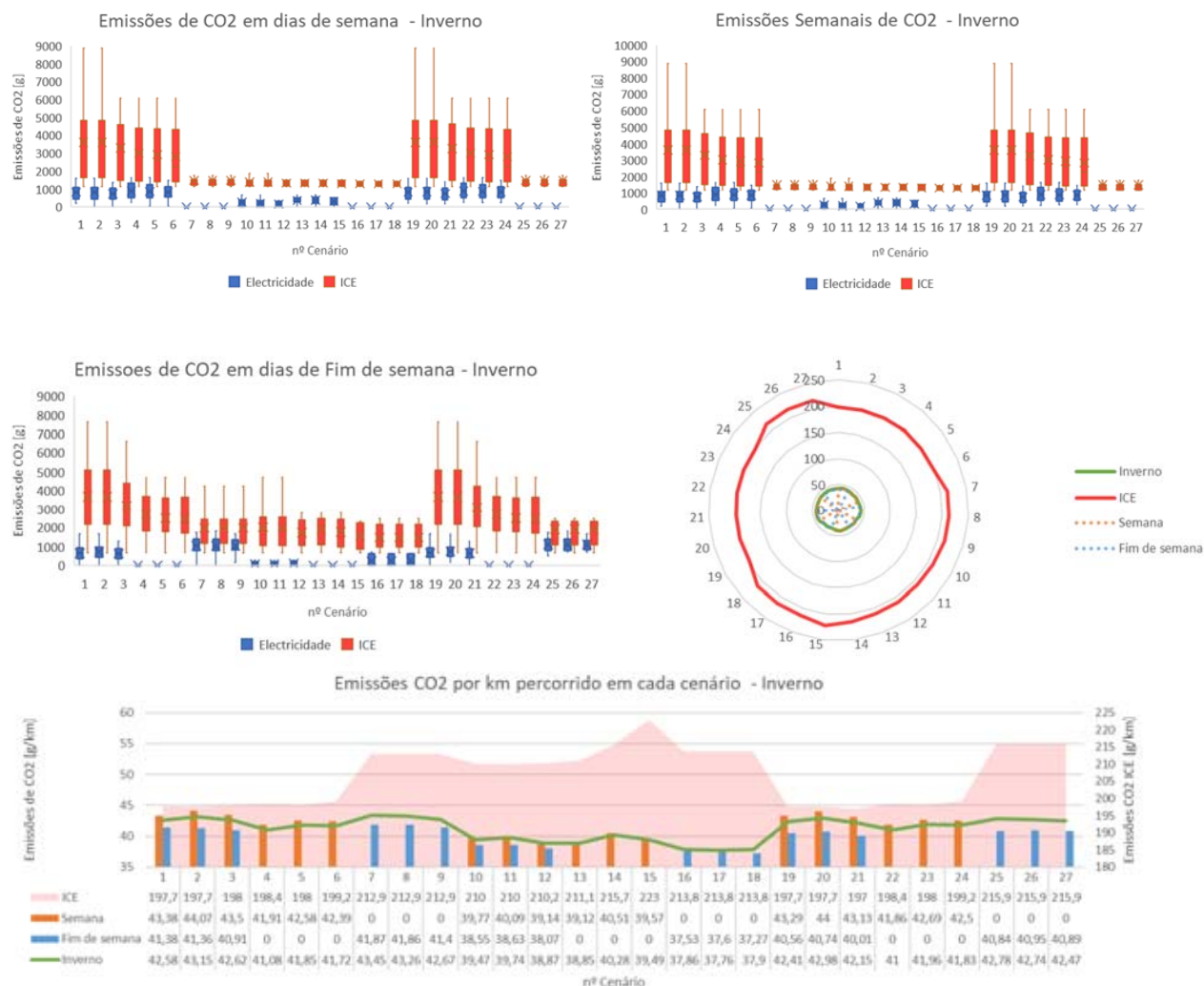


Figura 74 - Comparação das emissões CO₂ do condutor elegível em cada cenário, entre um ICE e um EV durante uma semana no período de Inverno (Grupo 1)

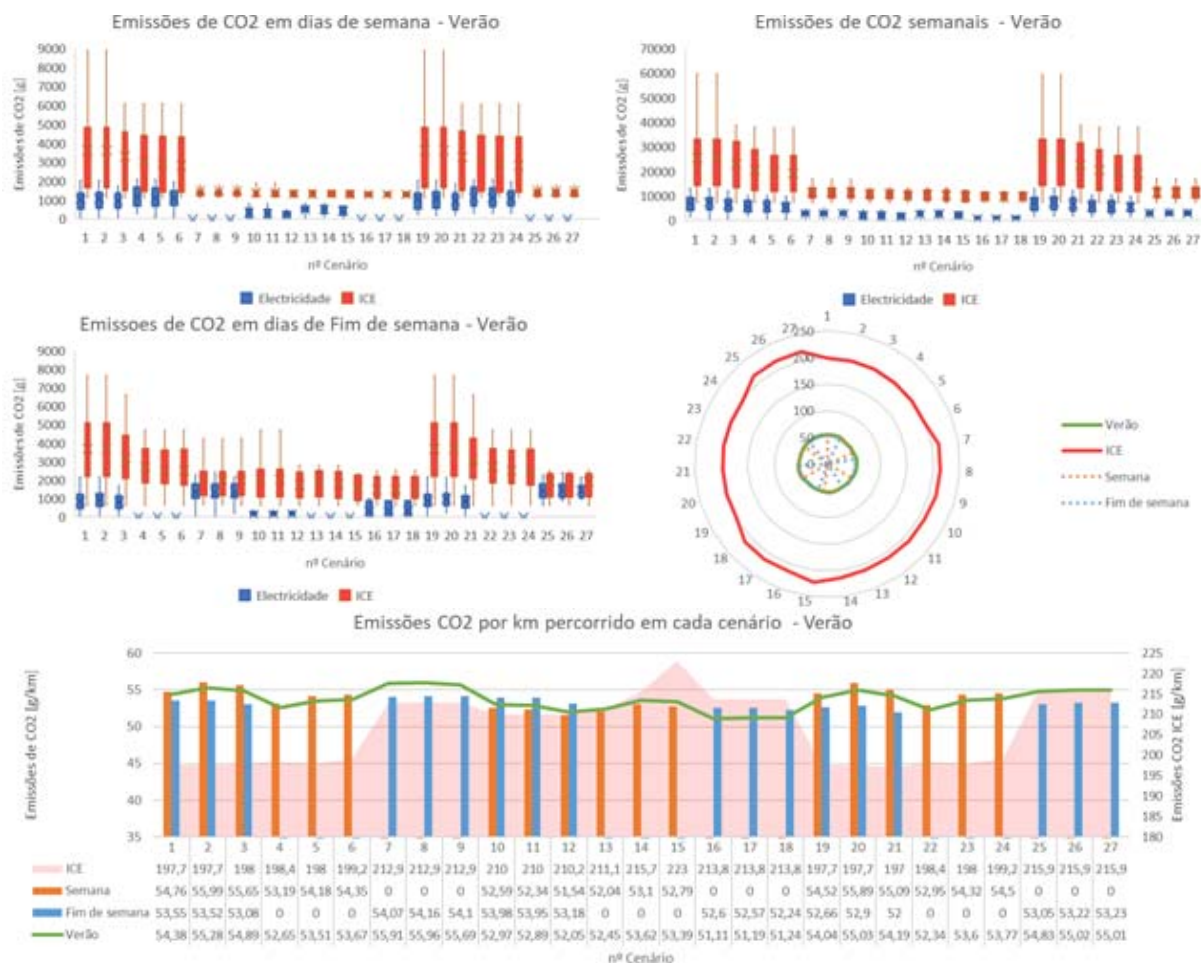


Figura 75 - Comparação das emissões CO₂ do condutor elegível em cada cenário, entre um ICE e um EV no período de Verão (Grupo 1)

Através análise da Figura 74 e Figura 75, é possível concluir que apesar do período sazonal do ano, as emissões de CO₂ são sempre significativamente menores para os condutores elegíveis de todos os cenários caso adotem a mobilidade eléctrica, sendo a diferença maior no Inverno devido ao factor de emissão ser mais baixo do que o respectivo no Verão. (Figura 76)

Nos cenários mistos e nocturnos, tendencialmente as emissões de CO₂/km são mais elevadas do que as apresentadas pelos cenários diurnos devido à sua distribuição horária de carregamentos, estando concentrados em horas em que o factor de emissão é mais alto.

Nos cenários [7, 8 e 9] bem como nos cenários [25, 26 e 27], estão definidos carregamentos limitados aos fins de semana. O valor total de gramas de CO₂ emitidas aproxima-se ao valor demonstrado pelos respectivos cenários caso o condutor elegível utilize um ICE. Nesta análise teve-se em conta a quantidade de emissões que são libertados em determinada tipologia de dia, em função do carregamento efectuado. Apesar das emissões estarem a ser produzidas no dia de fim de semana nestes cenários, a energia carregada nestes dois dias desta tipologia será utilizada durante toda a semana de utilização do veículo, não sendo produzidas mais emissões semanalmente nestes grupos de cenários. No caso contrário, o ICE emite localmente, quando o veículo estiver a ser utilizado, daí a suas emissões serem regulares e dependentes do padrão de mobilidade dos condutores. O valor particularmente alto (em relação a outros cenários, no que diz respeito à electricidade) de gramas por

quilometro, resulta de nestes casos, da distribuição ser principalmente nocturna, e de no ano analisado, o factor de emissões ser alto neste período.

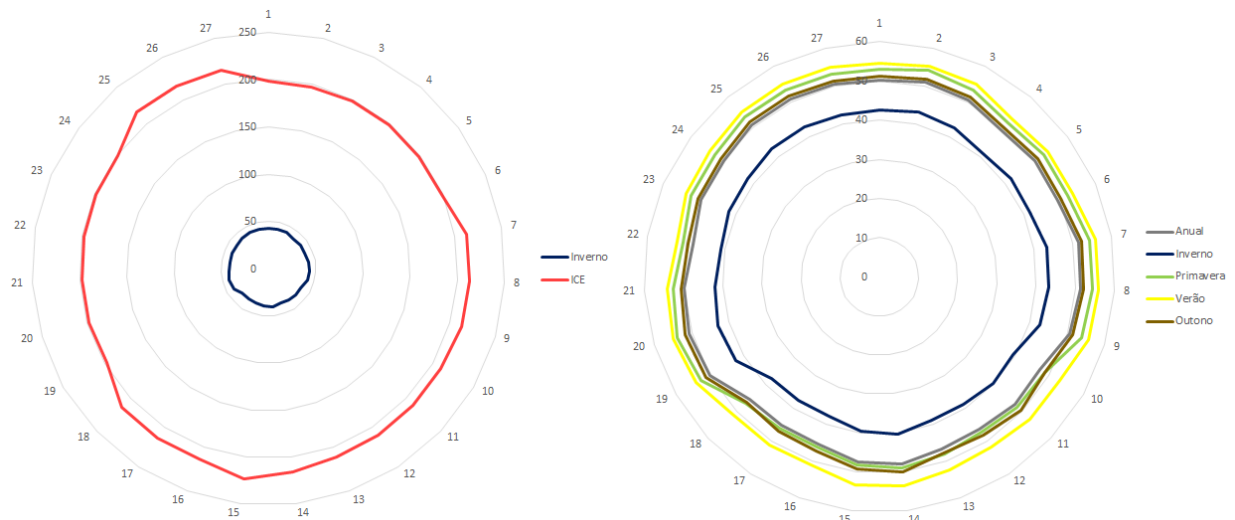


Figura 76 - Comparação das emissões produzidas pelos condutores elegíveis nos diferentes cenários, entre um ICE e um EV em todos os períodos anuais de análise (Grupo 1) [g CO₂/km]

Uma vez que as emissões são inferiores em todos os cenários, há uma oportunidade para os condutores elegíveis reduzirem as suas respectivas emissões. Tendo em conta a produção, dependendo da hora a que o condutor efectue o carregamento, a oportunidade de redução face ao ICE pode assumir valores mais ou menos significativos. (Figura 77). Neste grupo de análise, a maior oportunidade de poupança situa-se nos carregamentos efectuados por voltas das 9h e das 19h, e a menor, nas horas nocturnas de madrugada. No Verão, esta oportunidade encontra-se às 20h.

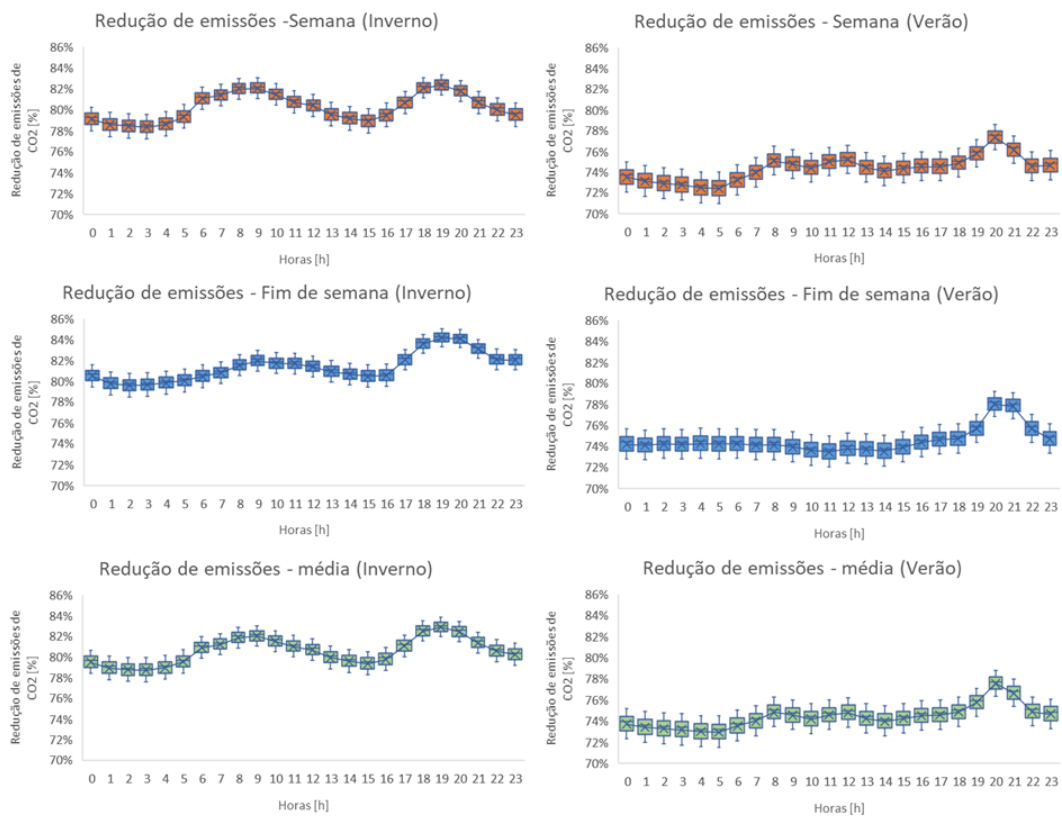


Figura 77 - Oportunidade de redução de emissões (Grupo 1)

No entanto, as maiores oportunidades de redução poderão não ser passíveis de ser aproveitadas, pois em alguns casos, isto significaria a necessidade de alterar os comportamentos de carregamento e de utilização do veículo, o que por vezes não é viável.

No que diz à PRE, as suas distribuições sazonais estão representadas nas Figura 78 e Figura 79. As energias PRE são indicadores de independência energética pois reduzem a necessidade de importação de formas de energia primária para a produção eléctrica, bem como de combustíveis fósseis para utilização nos veículos convencionais de Combustão interna.

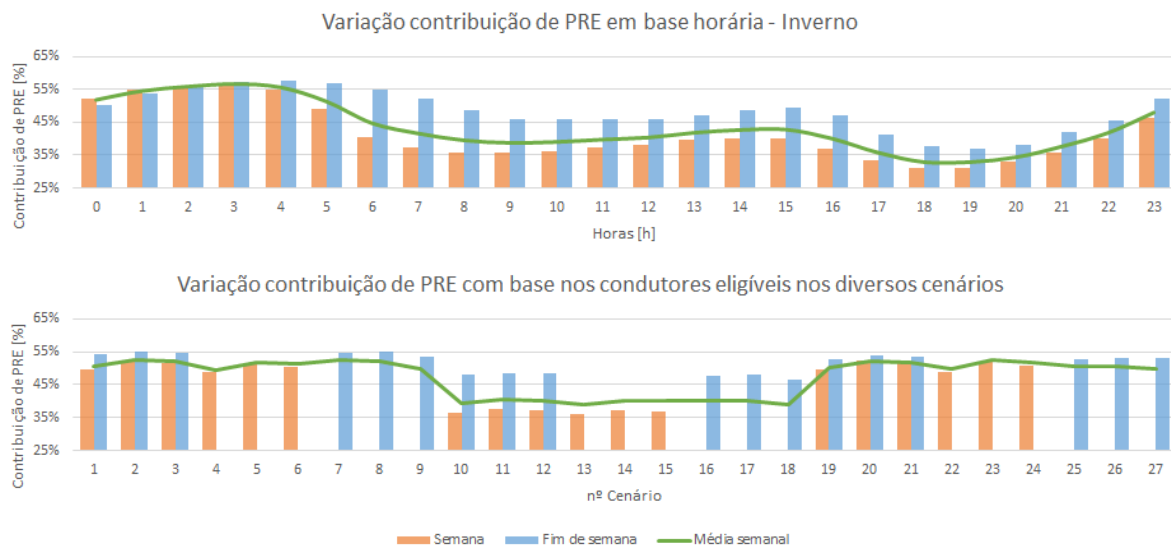


Figura 78 - Distribuição da contribuição de PRE em base horária e com base nos condutores elegíveis para os diversos cenários no período sazonal de Inverno (grupo 1)

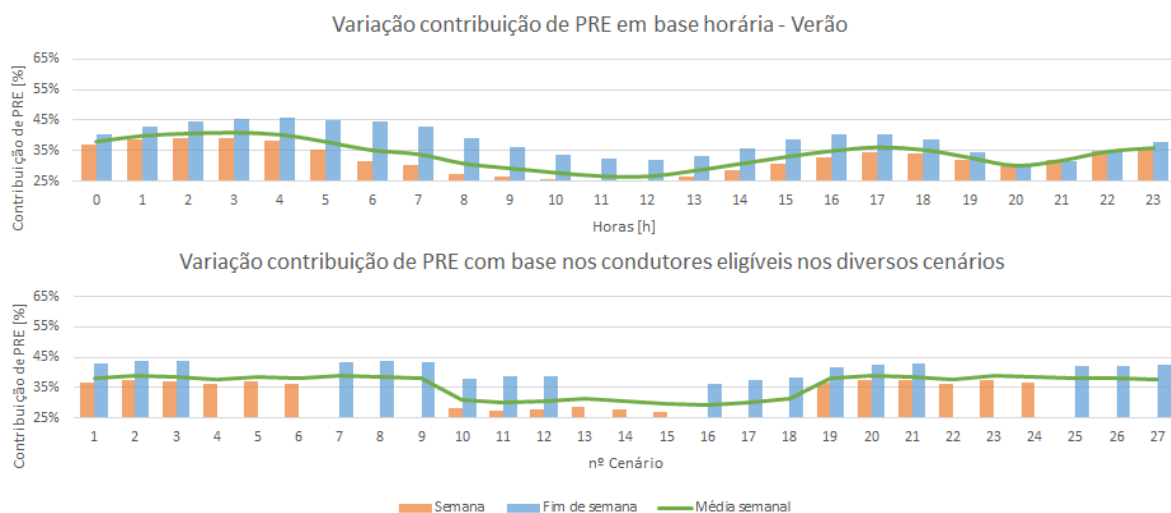


Figura 79 - Distribuição da contribuição de PRE em base horária e com base nos condutores elegíveis para os diversos cenários no período sazonal de Verão (grupo 2)

É possível observar que a contribuição das PRE é superior no período sazonal de Inverno ao período de Verão. É também visível que no tipo de dias de fim de semana, a contribuição é maioritariamente superior do que nos dias de semana. Em ambos os casos, a penetração das PRE é superior nos períodos de madrugada sendo inferior na altura do meio dia. Aplicando a distribuição horária aos cenários, a contribuição das PRE é inferior nos cenários que só existe disponibilidade de carregamento durante o dia – cenários [10-18]. Neste caso, a contribuição dos efeitos dos cenários mistos e nocturnos

tem um impacte positivo, pois a sua distribuição está associada principalmente a períodos a que existe uma alta penetração das PRE.

4.3.2 Ligeiros comerciais – Grupo 2

Utilizando o mesmo período de comparação da secção anterior, as Figura 80 e Figura 81, representam a distribuição horária da penetração de renováveis, bem como duas distribuições típicas do Factor de emissão de CO₂, sendo uma em base horária, proveniente da produção (rede) e outra associada a cada cenário, proveniente da distribuição de carregamentos. A totalidade das distribuições do factor de emissão de CO₂ pode ser encontrada no Anexo F.

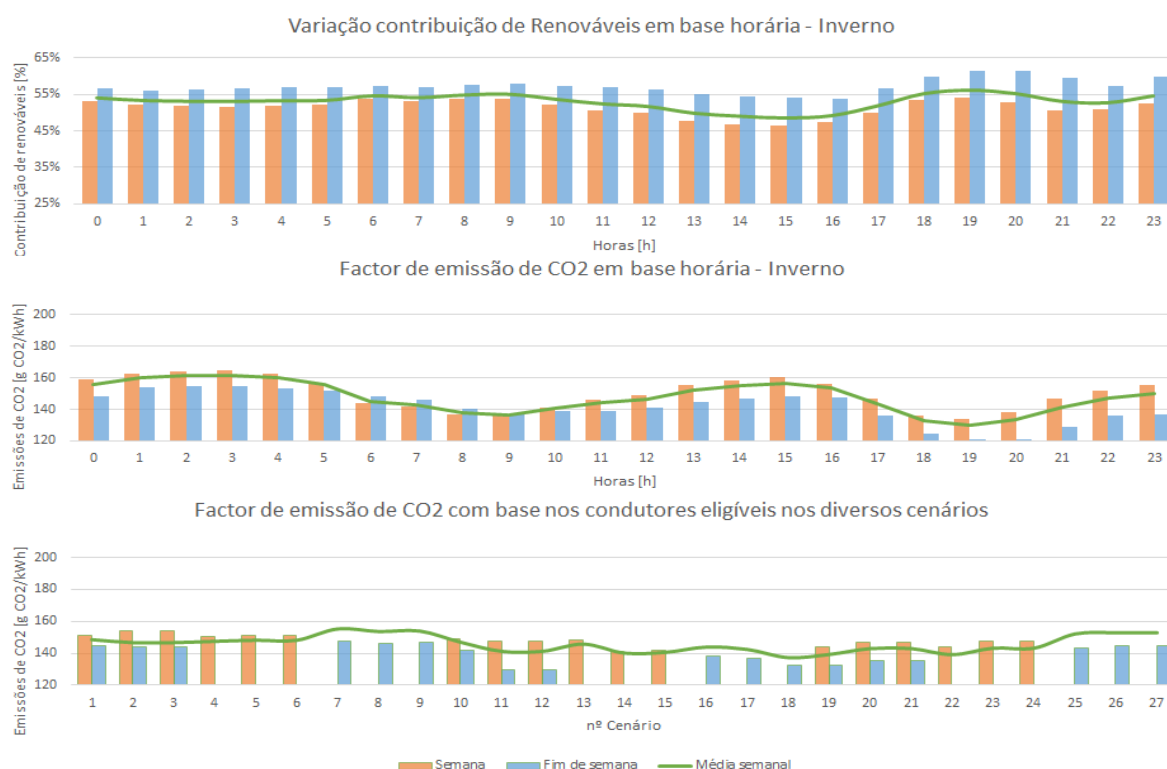


Figura 80 - Penetração de energias renováveis e Factor de emissão de CO₂ em base horária e com base nos condutores elegíveis no período sazonal de Inverno (Grupo 2)

No período sazonal de Inverno, no ano da análise, o cenário com maiores impactes associados aos carregamentos é o cenário 7 (com 155 g CO₂/kWh), sendo o cenário 18 (com 137 g CO₂/kWh) o que tem menores. Ao grupo de cenários [7, 8 e 9] são atribuídos os valores mais elevados de factor de emissões, pois a distribuição de carregamento, concentra-se principalmente no período de início de madrugada, que coincide com a altura do dia em que o factor derivado da produção é superior. No caso do cenário 18, o seu pico de carregamento ocorre entre as 18h e as 19h, que coincide com o período que detém valores mais baixos de emissão, no que toca à produção eléctrica. No período sazonal de Verão, o grupo de cenários [7, 8, e 9] permanece como o que tem um factor de emissões associado mais alto (com 199 g CO₂/kWh), sendo o cenário 22 a par com o 19 os que detêm um valor mais baixo (com 178 g CO₂/kWh). No caso destes últimos, ambos demonstram o seu pico de carregamento (carregando mais de 50% da energia carregada no cenário) às 20h, que é precisamente a altura do dia que a produção demonstra um factor significativamente menor de emissões.

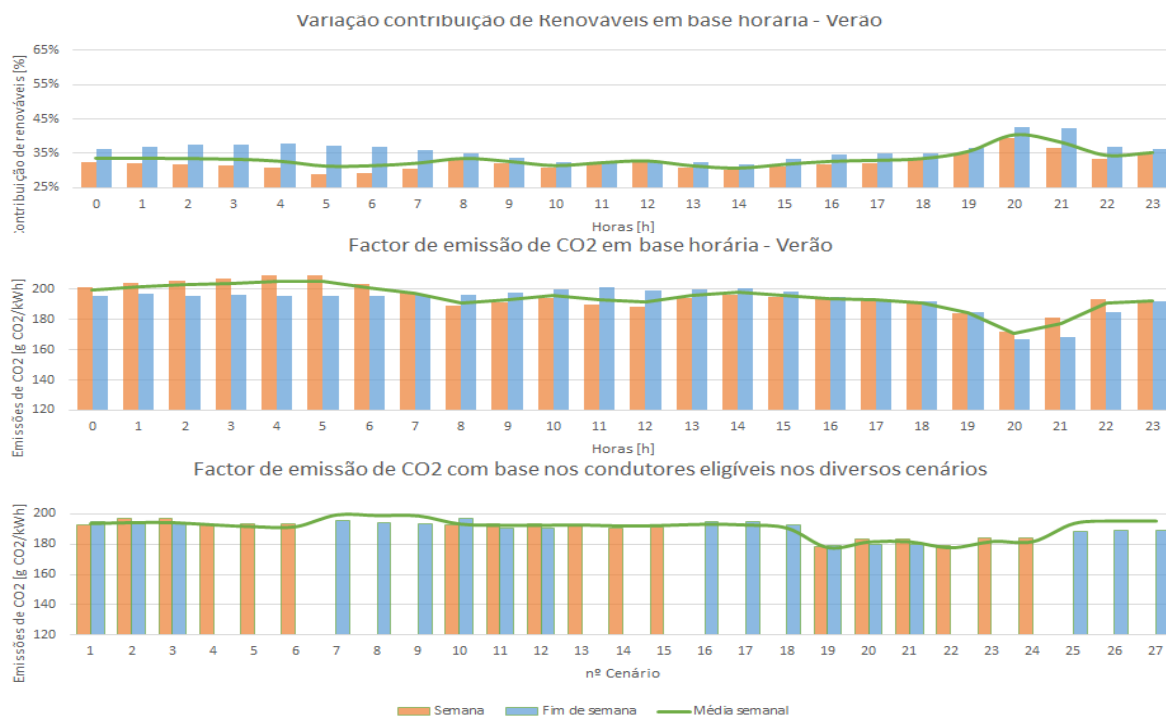


Figura 81 - Penetração de energias renováveis e Factor de emissão de CO2 em base horária e com base nos condutores elegíveis no período sazonal de Verão (Grupo 2)

Comparando directamente os impactes resultantes, mantendo os padrões de mobilidade, entre um ICE e um EV, para os períodos de Verão e Inverno, resultam as figuras Figura 82 e Figura 83.

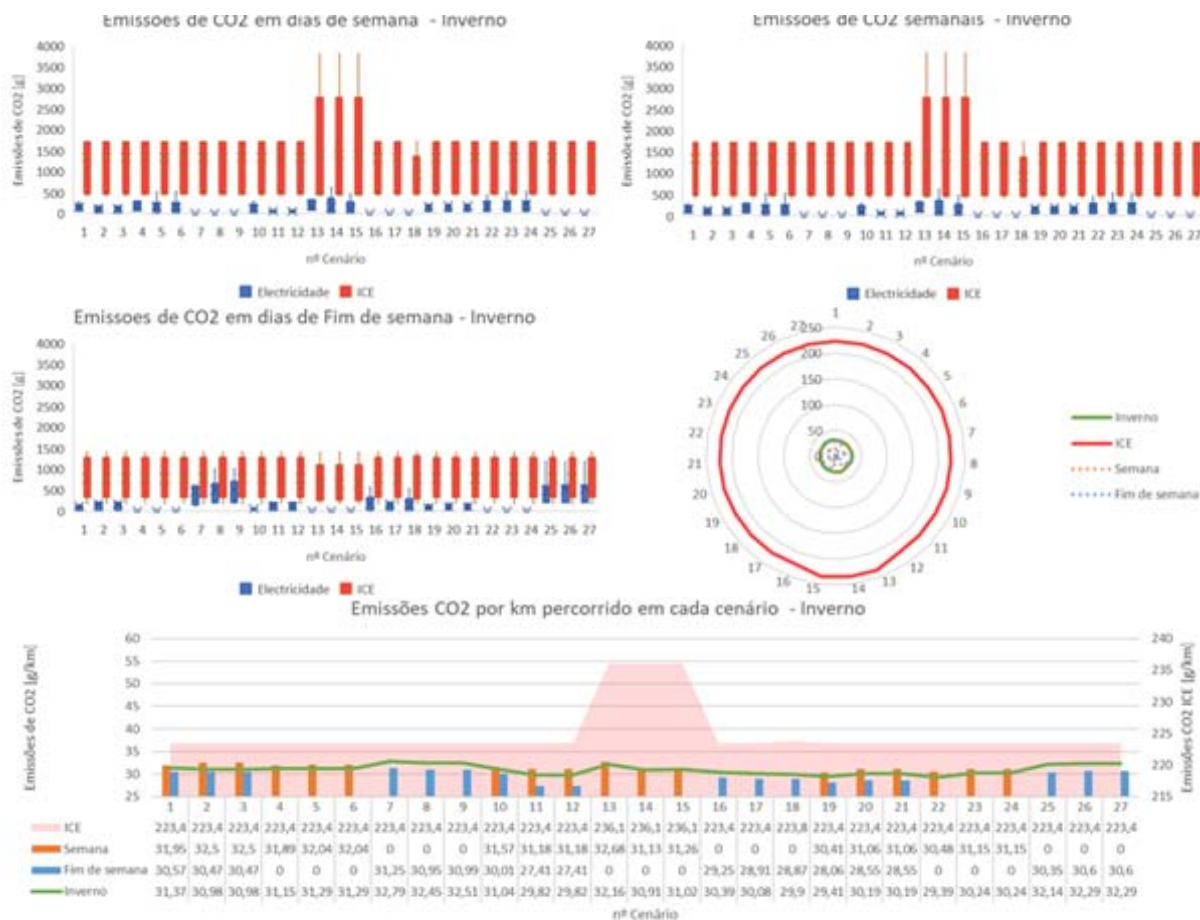


Figura 82 - Comparação das emissões CO2 do condutor elegível em cada cenário, entre um ICE e um EV no período de Inverno (Grupo 2)

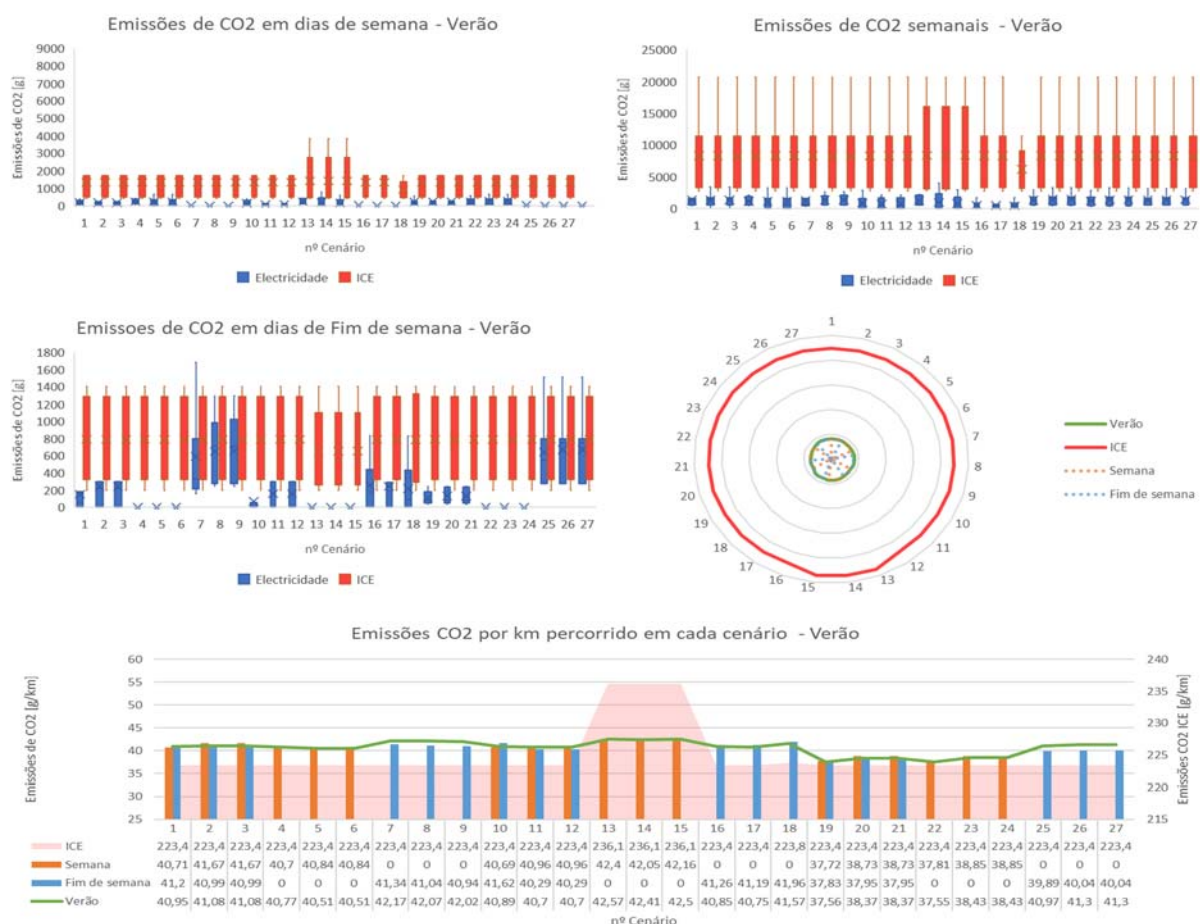


Figura 83 - Comparação das emissões CO2 do condutor elegível em cada cenário, entre um ICE e um EV no período de Verão (Grupo 2)

Como observado igualmente no Grupo 1, é possível concluir que independentemente do período sazonal do ano, as emissões de CO₂ são sempre significativamente inferiores para todos os condutores elegíveis de todos os cenários, sendo, no entanto, esses efeitos são mais relevantes no Inverno.

Nos cenários [13,14, 15 e 18], por parte dos ICE é visível uma grande alteração no que toca às emissões produzidas, pois as características dos cenários alteram-se conforme a elegibilidade. Nos cenários constringidos apenas a carregamentos ao fim de semana, os efeitos descritos anteriormente no grupo 1, foram igualmente observados.

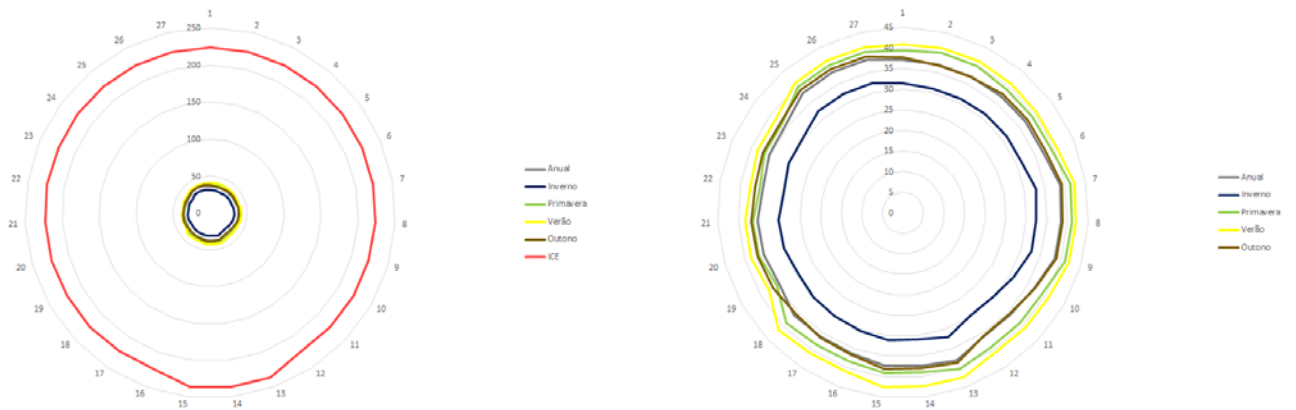


Figura 84 - Comparação das emissões produzidas pelos condutores elegíveis nos diferentes cenários, entre um ICE e um EV em todos os períodos anuais de análise (Grupo 2) [g CO₂/km]

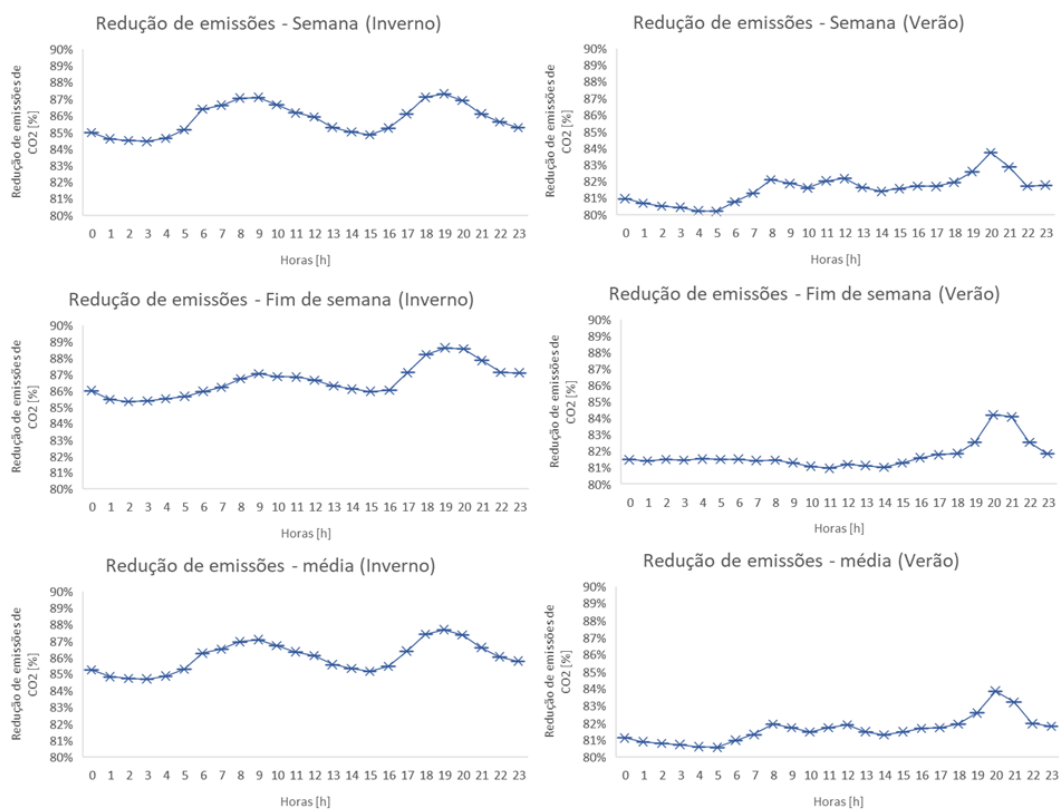


Figura 85 – Oportunidade de redução de emissões (Grupo 2)

Na Figura 85 estão representadas as oportunidades de redução de emissões, em função da hora em que se efectue o carregamento. A nível gráfico, neste grupo de análise a distribuição por quartis é quase inexistente devido aos factos de a amostra ser baixa e de a elegibilidade não variar consideravelmente entre cenários. Neste grupo, a oportunidade de redução de emissões apesar de demonstrar a mesma evolução, é superior a nível de magnitude, no entanto, tal como no caso do grupo anterior, as maiores oportunidades de redução só poderão ser aproveitadas consoante os comportamentos de carregamento e utilização. Sendo este grupo composto por veículos especializados profissionais, a liberdade de alteração de comportamentos é ainda mais restrita.

No que diz às PRE, as suas distribuições sazonais estão representadas na Figura 86 e Figura 87.

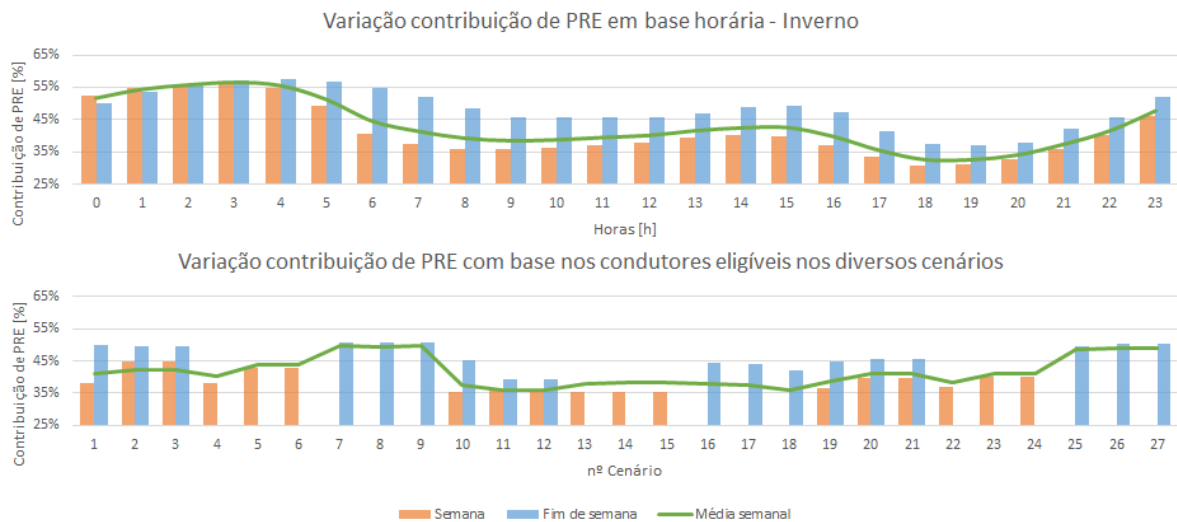


Figura 86 - Distribuição da contribuição de PRE em base horária e com base nos condutores elegíveis para os diversos cenários no período sazonal de Inverno (grupo 2)

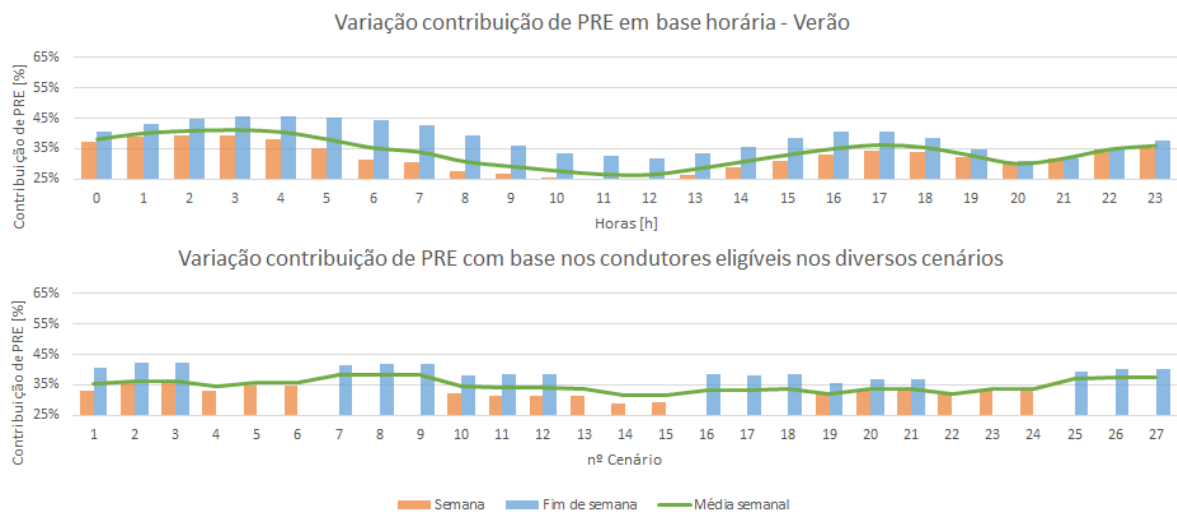


Figura 87 - Distribuição da contribuição de PRE em base horária e com base nos condutores elegíveis para os diversos cenários no período sazonal de Verão (grupo 2)

Aplicando a distribuição horária da contribuição das PRE aos cenários, é possível observar que a sua contribuição é superior nos cenários restrangidos apenas à disponibilidade de carregamento nos dias de fim de semana. Para os cenários 14 e 15, no Inverno a contribuição relativa é superior à contribuição relativa no Verão. A distribuição de carregamentos desses cenários possui um pico de carregamento, no qual carrega mais de 50% da sua energia às 14h. Na mesma hora, curva de carregamentos possui atitudes diferentes nos dois períodos sazonais.

5 Conclusões e trabalho futuro

Os objectivos principais desta tese consistiram em, com base em informação recolhida em condições reais de condução, caracterizar os perfis de condução e modelar a utilização através de um veículo eléctrico, quantificando a sua elegibilidade e os seus impactes energéticos e ambientais.

No que diz respeito à verificação da elegibilidade e caracterização de cenários, foi possível concluir que os constrangimentos estruturais (indisponibilidade de estruturas que permitam o carregamento em determinado dia ou altura do dia) são mais determinantes para a elegibilidade do que os constrangimentos comportamentais. Os constrangimentos estruturais definem a característica do grupo de cenários enquanto os constrangimentos comportamentais servem principalmente de análise de sensibilidade. A elegibilidade é tendencialmente menor nos cenários constrangidos a carregamentos diurnos em média 77,28%, e nos cenários constrangidos a dias de fim de semana, em média 69,92%, face aos cenários de maior elegibilidade, e estes incluem apenas os condutores com menores as distâncias percorridas, e com as velocidades médias mais baixas.

Os cenários de disponibilidade exclusiva no fim de semana, [25,26 e 27], bem como os cenários [13 e 14], também se caracterizam por ter um maior aproveitamento da energia disponível para carregamento. Em média os cenários [25,26 e 27] aproveitam 38,8% e os cenários [13 e 14], 31,5% da energia disponível. No caso dos cenários constrangidos apenas a dias de fim de semana, a elegibilidade depende muito da disponibilidade operacional de carregamento, uma vez que a energia carregada neste período tem de ser suficiente para a sua utilização semanal.

É também importante referir que a análise foi efectuada com recurso às versões originais dos Nissan Leaf e Renault Kangoo. As novas versões apresentam melhores eficiências e melhores autonomias graças a capacidades de bateria muito superiores. A utilização das novas versões irá fazer com que a quantidade de condutores elegíveis na metodologia abordada suba consideravelmente. Para esta análise, considerou-se também que as rotinas de carregamento e utilização são fixas para todos os dias da semana e de fim de semana, o que não corresponde exactamente à situação comportamental de utilização real. Se forem considerados cenários rígidos de utilização, em última análise e a longo prazo, a condição que realmente determina a elegibilidade do condutor, não é a capacidade da bateria, mas sim a quantidade de energia efectivamente carregada ao longo do ciclo semanal. Se a disponibilidade de carregamento efectivo de energia não for pelo menos igual ou superior à energia consumida semanalmente, o estado de carga entra em défice energético semanal. Quanto maior for o défice energético semanal, mais rapidamente se observa a necessidade de quebra de mudança de regime de utilização com a consequência de, caso não o seja, o veículo poder ser considerado como não elegível para a função.

No caso da quantificação de impactes, é possível concluir que estes são muito dependentes das horas e da altura do ano em que o carregamento é efectuado, pois o mix de geração é flexível. Convém referir que a análise teve em consideração os valores do mix de geração de electricidade do ano 2017. Uma vez que as características da produção se alteram constantemente, este poderá não ter sido um ano representativo.

Em relação ao factor de emissão de CO₂, foi constatado que, nos cenários de carregamento diurno, este assume tipicamente valores mais baixos (7,9% de Inverno e 3,6% de Verão). Este fenómeno ocorre, em parte, devido a uma característica de definição dos cenários, pois esta é a hora definida para o início do período diurno. Como consequência, existe um pico de carregamento nesta hora, que é coincidente com o período em que a rede tem uma contribuição muito alta de energias renováveis e um factor de emissão de CO₂ associado muito baixo. Foi também possível verificar que as emissões de CO₂ no Inverno são muito menores quando comparadas às emissões produzidas no Verão (em 24%), pois a contribuição das renováveis na produção é consideravelmente superior. Desta forma, as oportunidades de poupança de emissões de CO₂ por parte dos carregamentos do veículo eléctrico, quando comparadas com a utilização ICE, também foram mais significativas no período de Inverno. Cada grupo de análise apresentou valores diferentes de redução de CO₂. O grupo 1, no Inverno apresentou uma poupança média 80,5% de emissões, e no Verão, de 74,4%. Já o grupo 2, as poupanças de emissões de CO₂ estabeleceram-se em média nos 86% de Inverno e no Verão, em 81,6%. As oportunidades de redução de emissões, dependem do factor de emissão da rede e no Inverno assistiu-se a dois períodos diários significativos de redução de emissões, às 9h às 19h, que se traduziria para o grupo 1, numa redução média de 82% e 82,4%, respectivamente nestes períodos. Para o grupo 2, a redução assume valores de 87% e 87,7%, respectivamente. No período de Verão assistiu-se a um só pico de poupança às 20h, sendo a oportunidade de redução de 77,5% para o grupo 1 e de 83,9% para o grupo 2. No entanto, as maiores oportunidades de redução poderão não ser passíveis de ser aproveitadas, pois, em alguns casos, isto significaria a necessidade de alterar os comportamentos de carregamento e de utilização do veículo, o que por vezes não é viável.

No que diz respeito à PRE, a maior penetração destas energias apresenta-se no período nocturno, que coincide com a altura em que a maioria dos cenários com maior elegibilidade efectua os seus carregamentos. Uma vez que uma parte considerável da PRE é renovável, esta também tem uma contribuição muito maior durante o período de Inverno do que de Verão.

A metodologia aqui desenvolvida tem particular utilidade no auxílio à definição de políticas públicas por parte dos decisores políticos, na medida em que, ao permitir quantificar os impactes da potencial utilização de veículos com tecnologias de propulsão eléctrica em detrimento dos veículos convencionais, está em linha com a concretização dos objectivos definidos pela União Europeia para o sector dos transportes até 2030 e 2050, que se traduzem na descarbonização da mobilidade através da retirada de circulação de veículos convencionais.

O trabalho desenvolvido poderá ser melhorado no futuro através de:

- Alargamento da amostra – de forma a poder gerar resultados mais próximos da utilização real, a amostra de veículos monitorizados teria de ser bastante mais extensa, e monitorizada durante um período mais extenso, de forma a eliminar a contribuição de viagens pontuais
- Aplicar os efeitos da topografia e características das vias
- Estudar os efeitos do comportamento de eco-condução
- Tomar em consideração outros tipos de carregamento disponíveis (carregamento rápido ou semi-rápido)
- Verificar os efeitos da temperatura na capacidade das baterias

6 Referências bibliográficas

- [1] - European Union (2018). Statistical Pocketbook in figures.
- [2] - European Environmental Agency (2018). Energy consumption in transport. Disponível em: https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/transport-energy-consumption-eea-4#tab-chart_2 (Último acesso em Maio de 2019)
- [3] - Eurostat (2017). Energy consumption by transport mode. Disponível em: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Energy_consumption_by_transport_mode_EU-28_1990-2015_\(1990_%3D_100_based_on_tonnes_of_oil_equivalent\)_YB17.png&oldid=343785](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=File:Energy_consumption_by_transport_mode_EU-28_1990-2015_(1990_%3D_100_based_on_tonnes_of_oil_equivalent)_YB17.png&oldid=343785) (Último acesso em Maio de 2019)
- [4] - European Commission. (2018). Energy, transport and environment indicators 2018 edition. In Eurostat.
- [5] - European Environmental Agency. (2018). Emissions of air pollutants from transport. European Environment Agency, 12.
- [6] - European Commission. (2011). Transportes 2050: Comissão esboça plano ambicioso para reforçar a mobilidade e diminuir as emissões. Disponível em: http://europa.eu/rapid/press-release_IP-11-372_pt.htm (Último acesso em Maio de 2019)
- [7] - European Environment Agency. (2009). Greenhouse gas emissions from transport Executive summary. 1–13.
- [8] - European Commission. (2016). Transport emissions. Disponível em: https://ec.europa.eu/clima/policies/transport_en (Último acesso em Maio de 2019)
- [9] - Carley, S., Krause, R. M., Lane, B. W., & Graham, J. D. (2013). Intent to purchase a plug-in electric vehicle: A survey of early impressions in large US cities. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 18(1), 39–45.
- [10] - International Energy Agency. (2009). Transport, Energy, and CO₂. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/transport2009.pdf> (Último acesso em Maio de 2019)
- [11] - U.S. Department of Energy. Electric Car Safety, Maintenance, and Battery Life. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/electricvehicles/electric-car-safety-maintenance-and-battery-life> (Último acesso em Maio de 2019)
- [12] - Buekers, J., Van Holderbeke, M., Bierkens, J., & Int Panis, L. (2014). Health and environmental benefits related to electric vehicle introduction in EU countries. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 33, 26–38.
- [13] - Requia, W. J., Mohamed, M., Higgins, C. D., Arain, A., & Ferguson, M. (2018). How clean are electric vehicles? Evidence-based review of the effects of electric mobility on air pollutants, greenhouse gas emissions and human health. *Atmospheric Environment*, 185(May), 64–77.
- [14] - Qiao, Q., Zhao, F., Liu, Z., He, X., & Hao, H. (2019). Life cycle greenhouse gas emissions of Electric Vehicles in China: Combining the vehicle cycle and fuel cycle. *Energy*, 177, 222–233.
- [15] - e-konomista. (2019). Sabe quanto custa trocar bateria de um carro elétrico? Disponível em: <https://www.e-konomista.pt/artigo/trocar-bateria-carro-eletrico/> (Último acesso em Maio de 2019)
- [16] – European Parliament. (2013). Sound level of motor vehicles. Disponível em: <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?type=TA&language=EN&reference=P7-TA-2013-41> (Último acesso em Maio de 2019)
- [17] - Faria, M., Duarte, G., & Baptista, P. (2019). Assessing electric mobility feasibility based on naturalistic driving data. *Journal of Cleaner Production*, 206, 646–660.

- [18] - Rolim, C. C., Baptista, P. C., Duarte, G. O., & Farias, T. L. (2014). Impacts of On-board Devices and Training on Light Duty Vehicle Driving Behavior. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 711–720.
- [19] - Faria, M. V., Duarte, G. O., Varella, R. A., Farias, T. L., & Baptista, P. C. (2019). Driving for decarbonization: Assessing the energy, environmental, and economic benefits of less aggressive driving in Lisbon, Portugal. *Energy Research and Social Science*, 47(September 2018), 113–127.
- [20] - Rolim, C. C., Gonçalves, G. N., Farias, T. L., & Rodrigues, Ó. (2012). Impacts of Electric Vehicle Adoption on Driver Behavior and Environmental Performance. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 54, 706–715
- [21] - Duarte, G. A methodology to estimate vehicle fuel consumption and pollutant emissions in realworld driving based on certification data. Gonçalo Duarte, PhD Thesis, Instituto Superior Técnico. 2013
- [22] - Rajamani, Rajesh. *Vehicle Dynamics and Control*, 2nd edition. New York, Springer, 2012.
- [23] Farias, T., Baptista, P., Gonçalves, G., Duarte, G, Faria, M., *ENERGY AND EMISSIONS IN ROAD TRANSPORTATION*. (2013).
- [24] - Ehsani, M, Gao, Y and Emadi, A. *Modern Electric, Hybrid Electric and Fuel Cell Vehicles*. Boca Raton, FL, CRC Press, 2010.
- [25] - Emmelman and A New Defenition of Specific Power and its Application to Emission Studies
- [26] - Jiménez-Palacios, J. *Understanding and Quantifying Motor Vehicle Emissions with Vehicle Specific Power and TILDAS Remote Sensing*. Massachusetts Institute of Technology, 1999.
- [27] - Cockpit automóvel. (2012). ENSAIO: Smart Fortwo electric drive (ED). Disponível em: <http://www.cockpitautomovel.com/2012/03/ensaio-smart-fortwo-electric-drive-ed.html> (Último acesso em Maio de 2019)
- [28] - Moibibiki. Smart-white.jpg. Disponível em: <http://www.moibbk.com/gallery/brand-57/smart-white-4.jpg.html> (Último acesso em Maio de 2019)
- [29] - Caroto (2013). Nissan-leaf half.jpg. Disponível em: https://www.caroto.gr/static/media/2013/07/Nissan-Leaf_2014_1000ad-5.jpg (Último acesso em Maio de 2019)
- [30] - Wikipedia. Nissan Leaf cutaway showing part of the battery in 2009. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery#/media/File:Nissan_Leaf_012.JPG (Último acesso em Maio de 2019)
- [31] - Alves, J. *Avaliação experimental do perfil de consumo de energia de veículos eléctricos*. Jorge Alves, Master thesis, Instituto Superior Técnico. 2013
- [32] - Van Sterkenburg, S.; Rietveld, E.; Rieck, F.; Veenhuizen, B; Bosma, H. *Analysis of regenerative braking efficiency - A case study of two electric vehicles operating inthe Rotterdam area*. s.l. : HAN University, Rotterdam University, 2011.
- [33] - Dhameja, S, *Electric Vehicle Battery systems*, 1st edition, Newnes, 2001
- [34] - Rolim, C., Baptista, P., Duarte, G., Farias, T., & Pereira, J. (2016). Impacts of delayed feedback on eco-driving behavior and resulting environmental performance changes. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*.
- [35] - Car.info. Disponível em: <https://www.car.info> (Último acesso em Maio de 2019)
- [36] - Entidade Reguladora dos serviços Energéticos. Disponível em: <http://www.erse.pt> (Último acesso em Maio de 2019)
- [37] - Redes Energéticas Nacionais. Disponível em: <https://www.ren.pt/> (Último acesso em Maio de 2019)

[38] - Koffi, B., Cerutti, A., Duerr, M., Iancu, A., Kona, A., & Janssens-Maenhout, G. (2017). CoM Default Emission Factors for the Member States of the European Union Dataset -Version 2017, European Commission, Joint Research Centre (JRC).

[39] - Electricidade da Madeira. (2019). Factores de emissão e emissões específicas. Disponível em: <https://www.eem.pt/pt/conteudo/sustentabilidade/rotulagem-de-energia-el%C3%A9trica/fatores-de-emiss%C3%A3o-e-emiss%C3%B5es-espec%C3%ADficas/> (Último acesso em Maio de 2019)

[40] - European Automobile Manufacturers Association. (2018). Interactive map: Electric vehicle incentives per country in Europe. Disponível em: <https://www.acea.be/statistics/article/interactive-map-electric-vehicle-incentives-per-country-in-europe-2018> (Último acesso em Maio de 2019)

Anexos

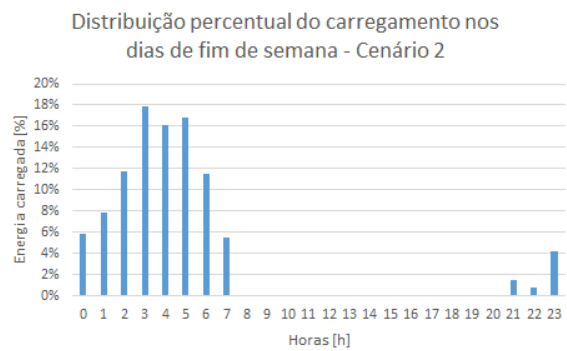
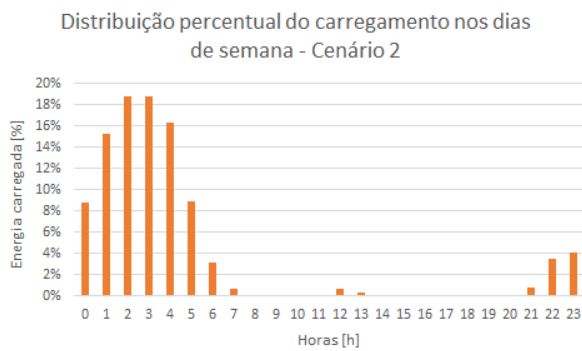
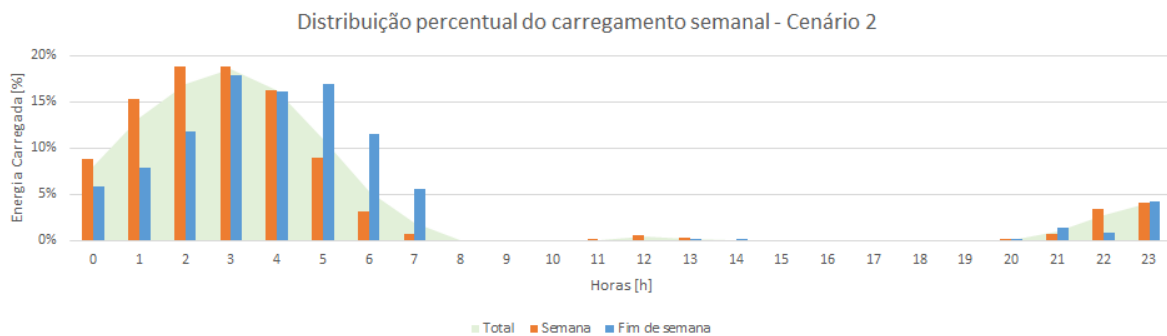
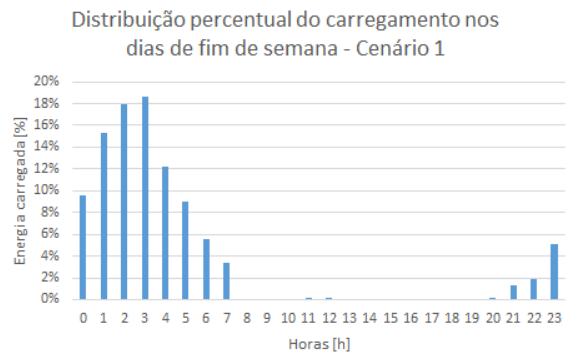
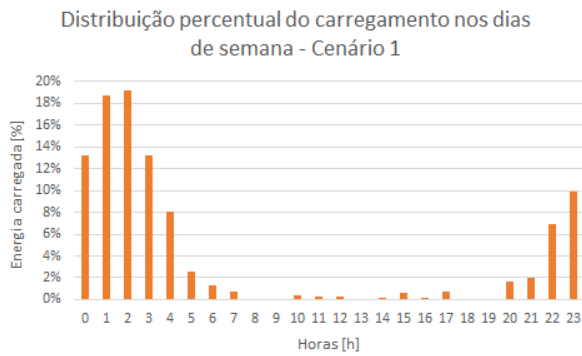
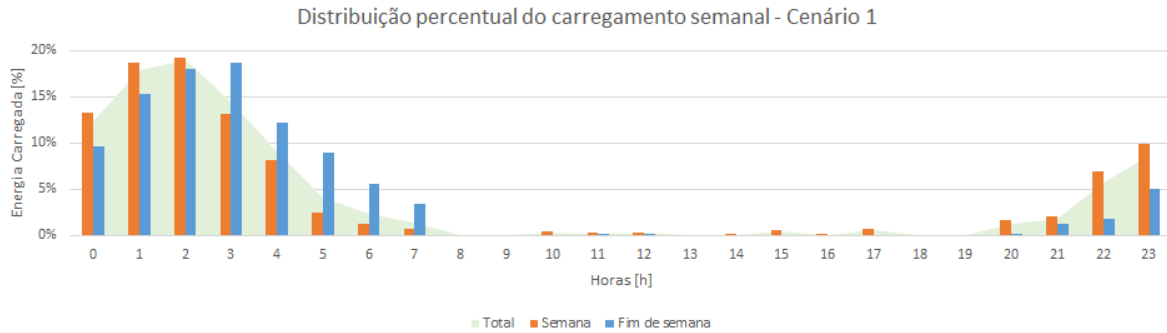
A. Incentivos para aquisição de veículo eléctrico por país da Europa – Euro28 + Noruega e Suíça

Tabela 19 - Incentivos para veículo eléctrico por país da Europa - Eu28 + Noruega e Suíça, 2017 (fonte: www.acea.be) [40]

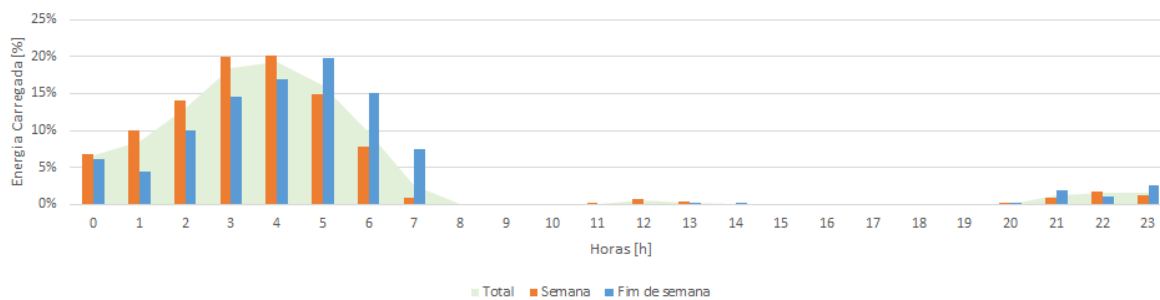
País	Quota de mercado	GDP per Capita	Incentivos
Áustria	2,0%	42 000 €	EV estão isentos das taxas de consumo/poluição, imposto de selo e as empresas pagam o valor mínimo de imposto automóvel. IVA dedutível para veículos de emissões zero.
Bélgica	2,6%	38 500 €	EV e PHEV estão isentos de taxas de registo, subsídios para aquisição de BEV e FCEV (Flandres). Os EV pagam o imposto de circulação mínimo (nas 3 regiões). Dedução de 120% das taxas para veículos profissionais e de emissões zero.
Bulgária	0,3%	7 100 €	EV estão isentos de imposto de selo.
Croácia	N/A	11 700 €	Não existem incentivos.
Chipre	N/A	22 500 €	Veículos que emitem menos de 120g CO ₂ /km estão isentos de taxas de registo e pagam o valor mínimo de imposto de circulação.
República Checa	0,1%	18 100 €	EV, HEV e outros veículos multiusos estão isentos do imposto de circulação.
Dinamarca	0,6%	50 000 €	BEV pagam apenas 40% do imposto de registo. Os veículos a hidrogénio e a célula de combustível estão isentos.
Estónia	0,2%	17 500 €	Não existem incentivos.
Finlândia	2,6%	40 600 €	BEV pagam o equivalente à categoria mínima do imposto de registo baseado em emissões de CO ₂ .
França	1,7%	34 100 €	EV de empresas estão isentos de taxas; isenção de taxas de registo para veículos multiusos. Bónus fiscal atribuído para EV e HEV (baseado nas emissões de CO ₂), e em retoma de veículos antigos diesel em troca por um BEV ou PHEV novos
Alemanha	1,6%	39 500 €	EV estão isentos de imposto de circulação por 10 anos. Bónus atribuído a BEV, FCEV, PHEV e EREV.
Grécia	0,2%	16 600 €	EV e HEV isentos da taxa de registo, imposto de luxo e imposto de circulação.
Hungria	1,0%	12 600 €	EV e PHEV isentos da taxa de registo, imposto de circulação e as empresas pagam o valor mínimo de imposto automóvel.
Irlanda	0,7%	61 700 €	EV, PHEV qualificam-se para alívios fiscais das taxas de registo; EV pagam o imposto de circulação mínimo.
Itália	0,2%	28 400 €	EV isentos de imposto de circulação por 5 anos. (75% de redução nos anos seguintes).
Letónia	0,3%	13 900 €	BEV pagam a taxa mínima de inspecção periódica e as empresas pagam o valor mínimo de imposto automóvel.
Lituânia	0,2%	14 800 €	Não existem incentivos.
Luxemburgo	N/A	92 800 €	EV e FCEV beneficiam de crédito fiscal nas despesas de registo (EV também pagam o imposto de circulação mínimo). Eléctricos puros e a hidrogénio de empresas pagam o imposto automóvel mais baixo.
Malta	N/A	23 900 €	Para os eléctricos puros a taxa de emissões é zero.
Países	2,7%	42 800 €	Veículos de emissões zero estão isentos da taxa de registo e as empresas pagam o valor mínimo de imposto automóvel.
Noruega	39,3%	67 000 €	Isonção fiscal na aquisição de BEV/FCEV, redução em PHEV (até to 10.000€). Não são taxados IVA nem taxas de importação (BEV/FCEV).
Polónia	0,2%	12 100 €	Não existem incentivos.
Portugal	1,8%	18 700 €	IVA dedutível na compra de EV e PHEV. BEV estão isentos de taxas de registo (redução de 75% para PHEV).
Roménia	0,2%	9 600 €	EV estão isentos de imposto de selo. Bónus fiscais na compra de BEV e híbridos.
Eslováquia	0,2%	15 600 €	Os BEV pagam a taxa mínima de registo e estão isentos do imposto de circulação.
Eslovénia	0,6%	21 000 €	Incentivos financeiros para aquisição de veículos de emissões zero. BEV pagam o imposto de selo mínimo.
Espanha	0,6%	25 000 €	Redução do imposto de selo para veículos de elevada eficiência de combustível. Redução do imposto automóvel para as empresas para veículos multiusos.
Suécia	5,2%	47 400 €	Está disponível um Bónus para a aquisição de novos veículos com emissões de CO ₂ até no máximo 60g/km. Cinco anos de isenção do imposto de circulação para os BEV e PHEV.
Suíça	2,7%	72 200 €	Reduções fiscais em função das políticas do cantão. Isonção de taxas de importação de BEV.
Reino Unido	1,9%	35 200 €	Veículos que emitam menos de 50g/km estão isentos de impostos no primeiro ano. Veículos de emissão zero estão isentos de imposto de circulação automóvel. Redução de imposto automóvel para empresas por veículos de emissões baixas e EV.

B. Distribuição percentual do carregamento semanal para os diversos cenários de análise

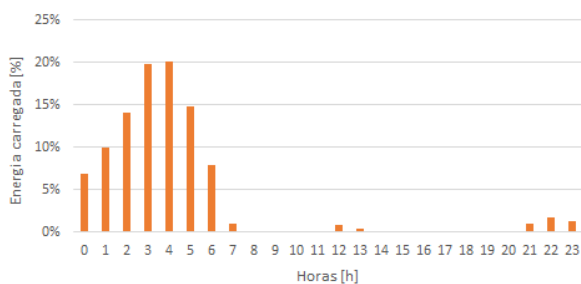
B.1 Ligeiro de passageiros – Grupo 1



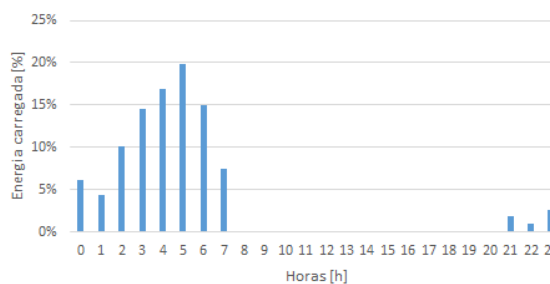
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 3



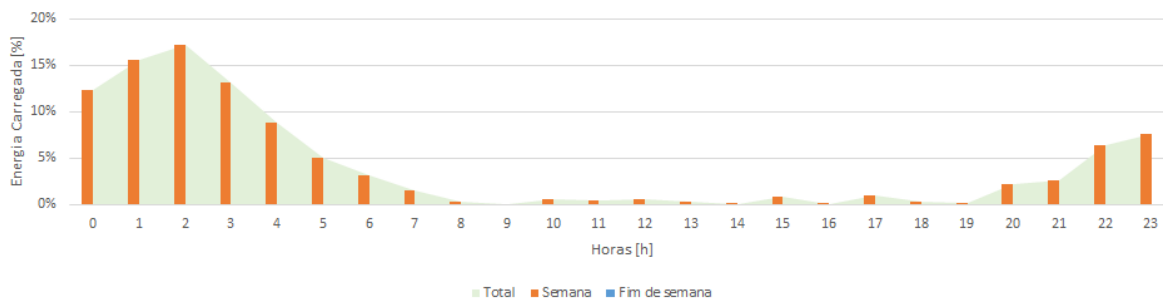
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 3



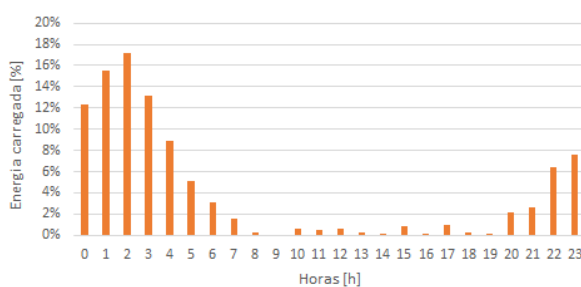
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 3



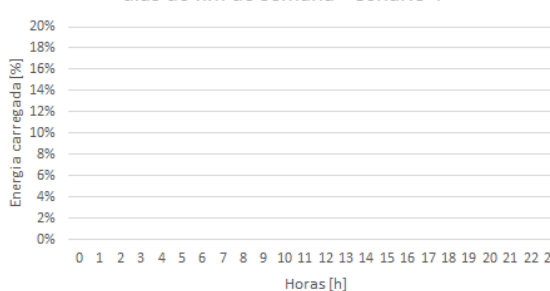
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 4



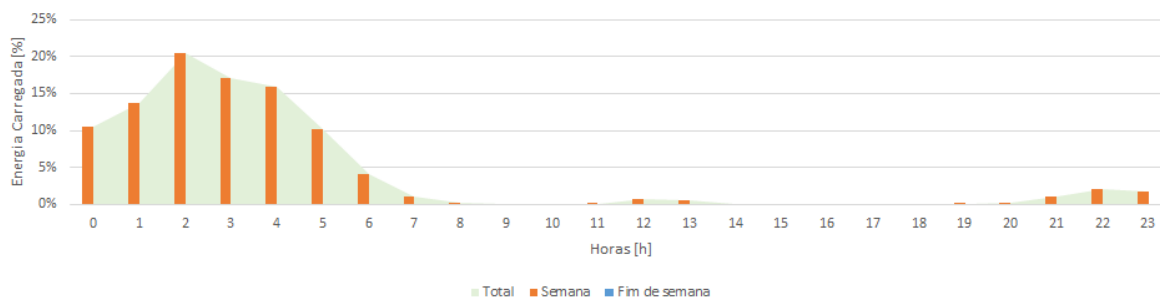
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 4



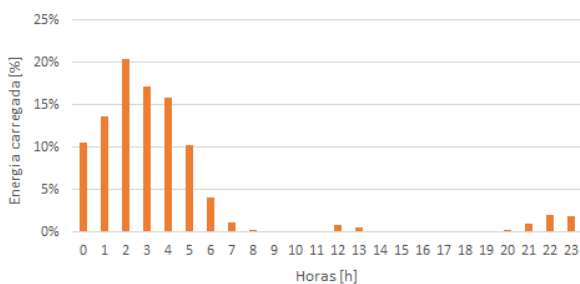
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 4



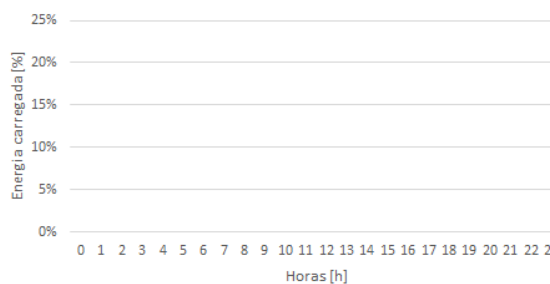
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 5



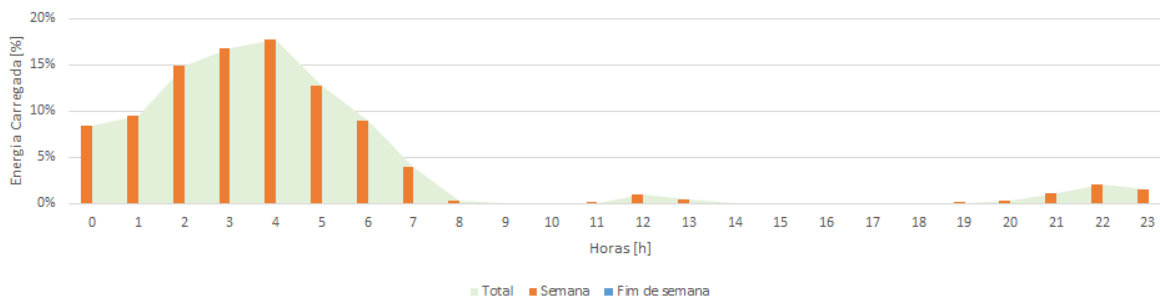
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 5



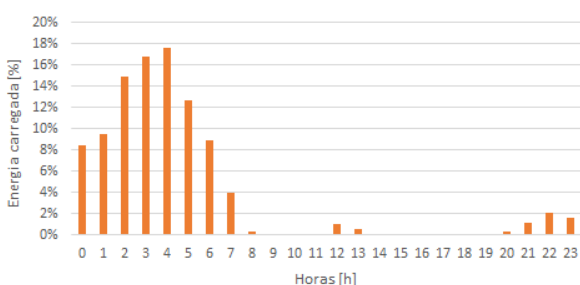
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 5



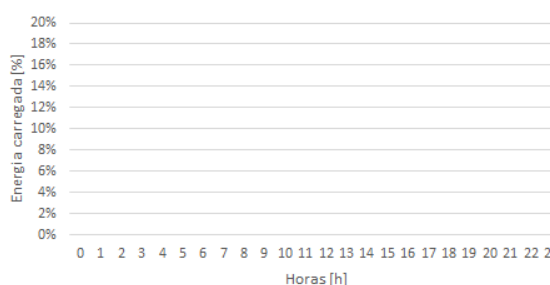
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 6



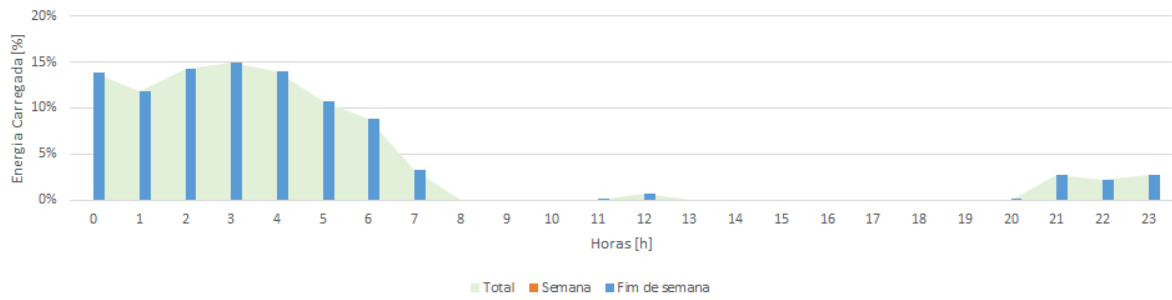
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 6



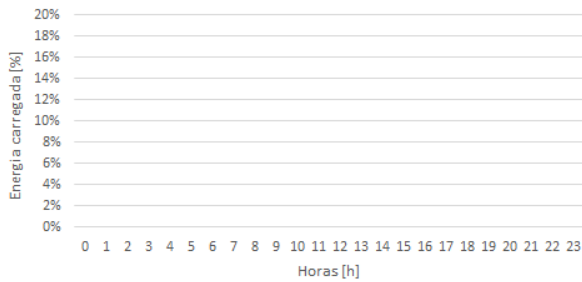
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 6



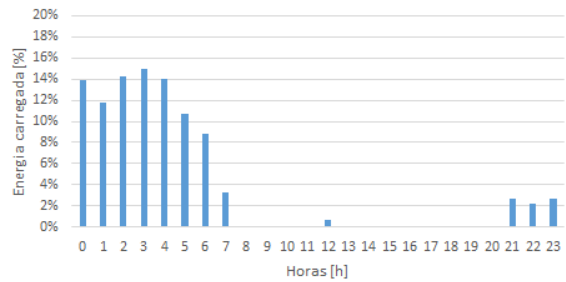
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 7



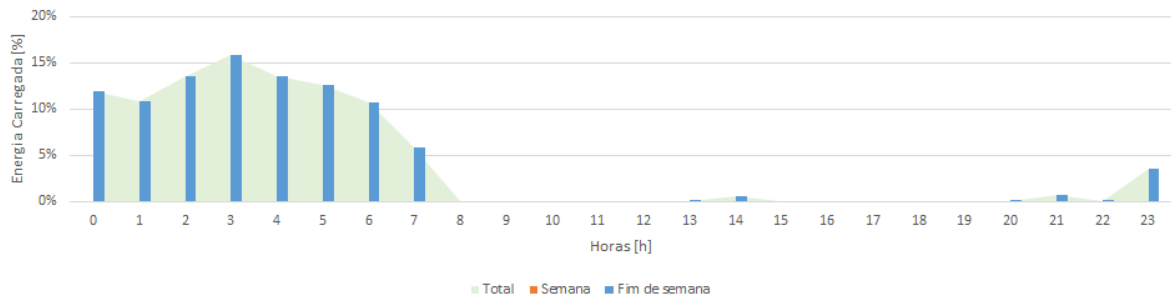
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 7



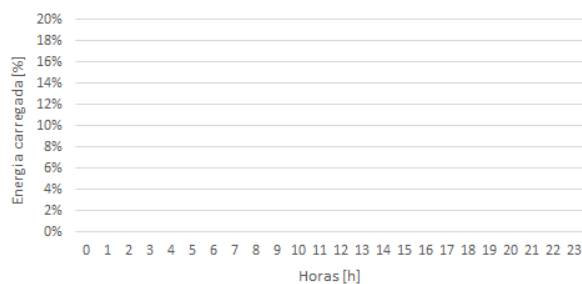
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 7



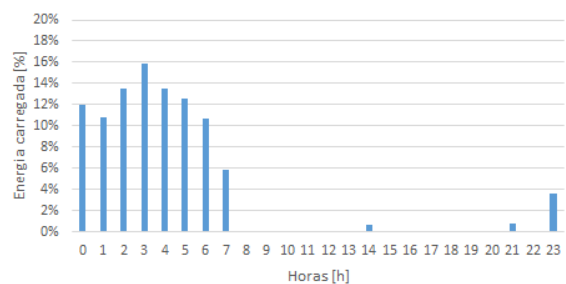
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 8



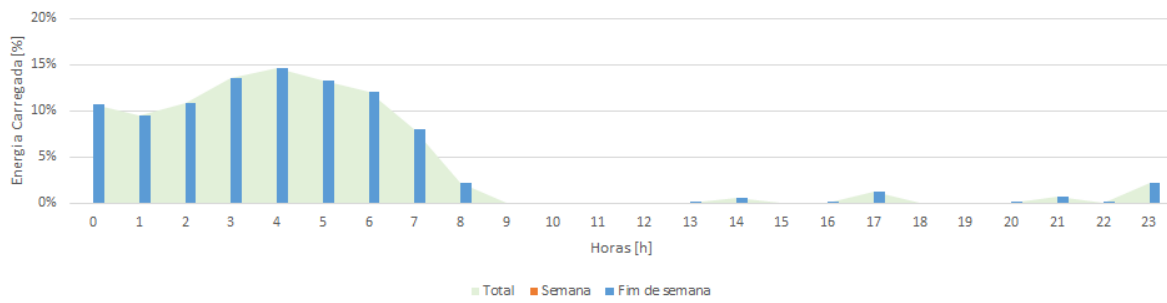
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 8



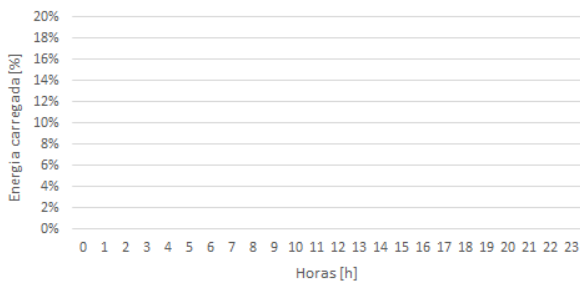
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 8



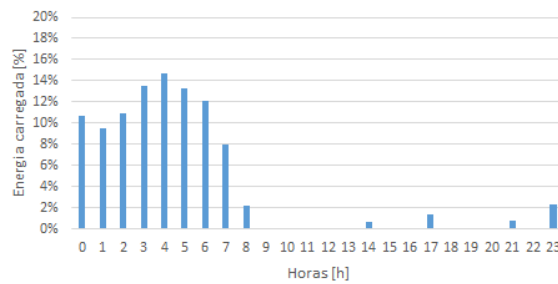
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 9



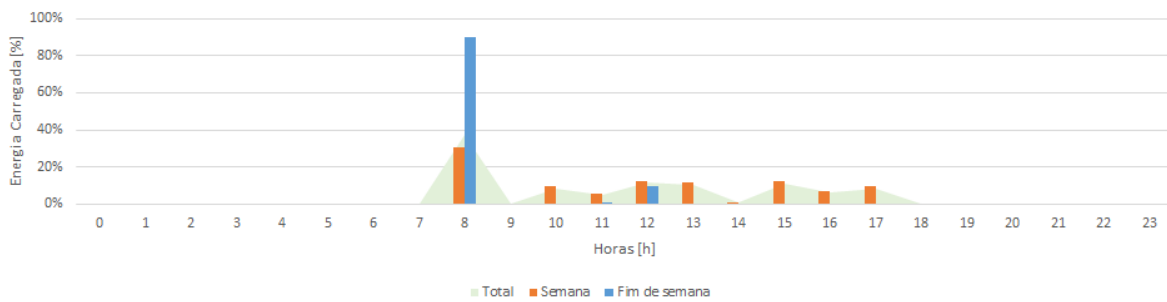
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 9



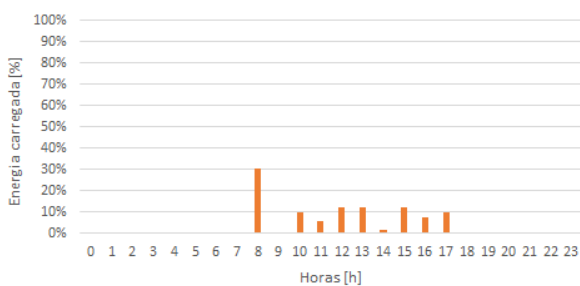
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 9



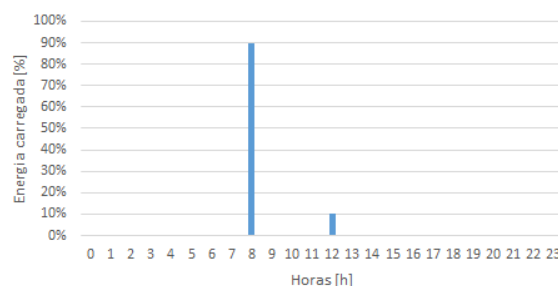
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 10



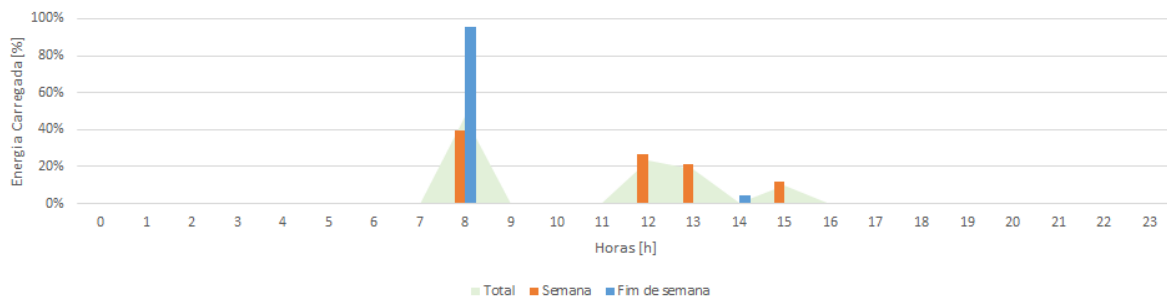
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 10



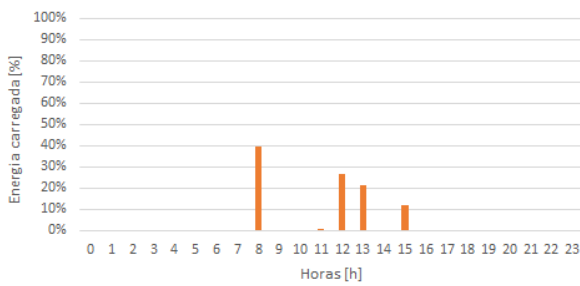
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 10



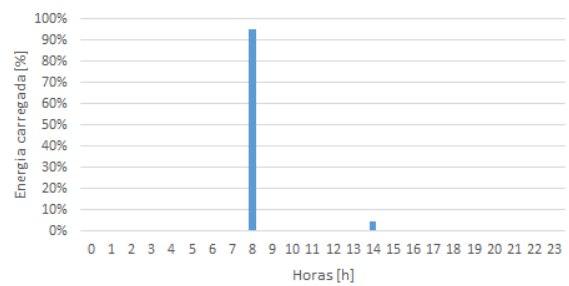
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 11



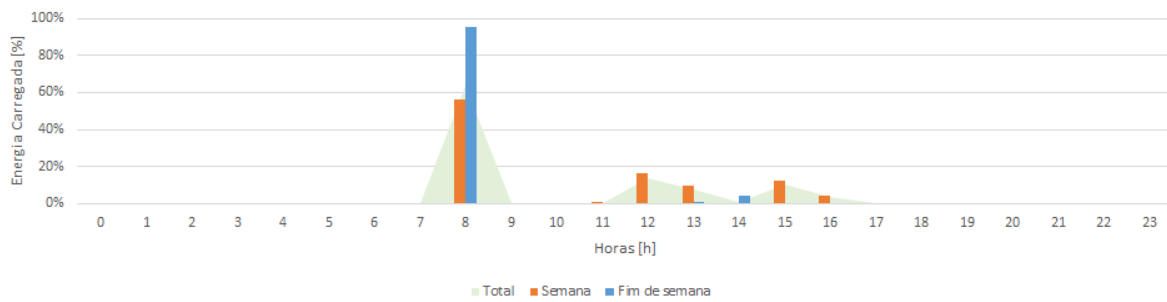
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 11



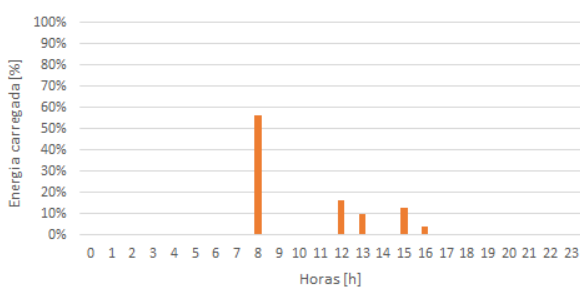
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 11



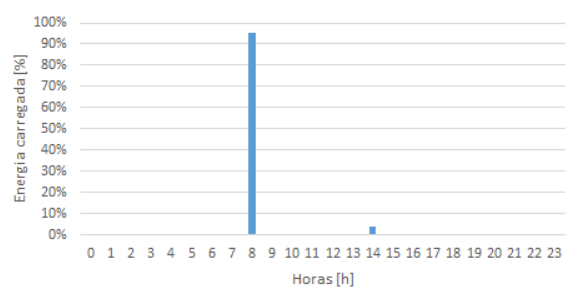
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 12



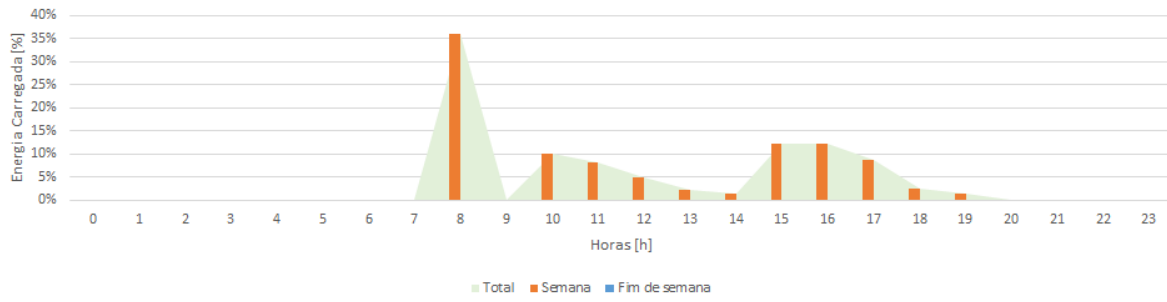
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 12



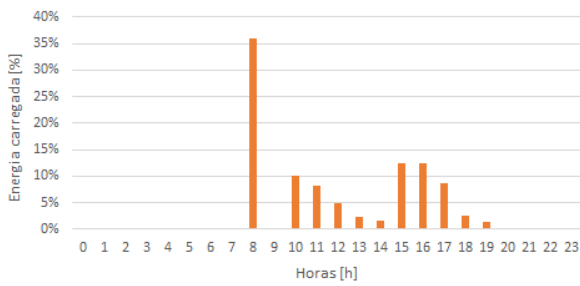
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 12



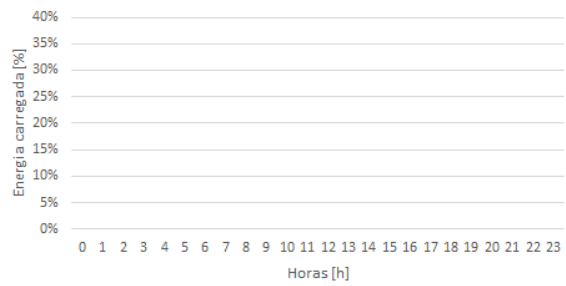
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 13



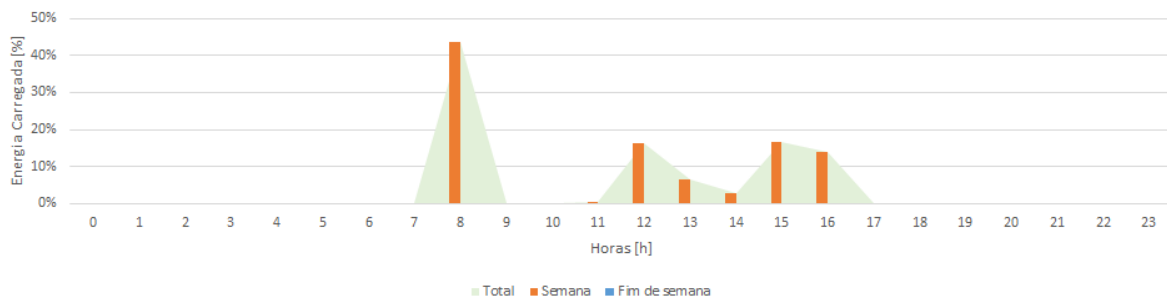
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 13



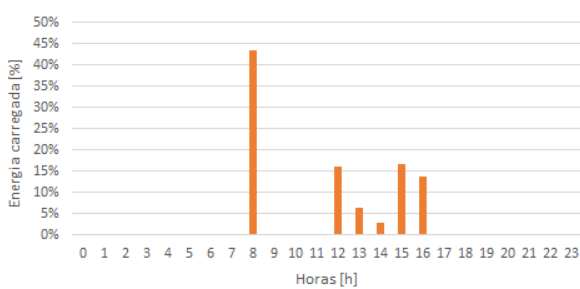
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 13



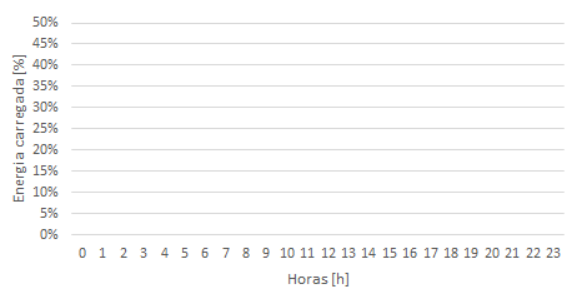
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 14



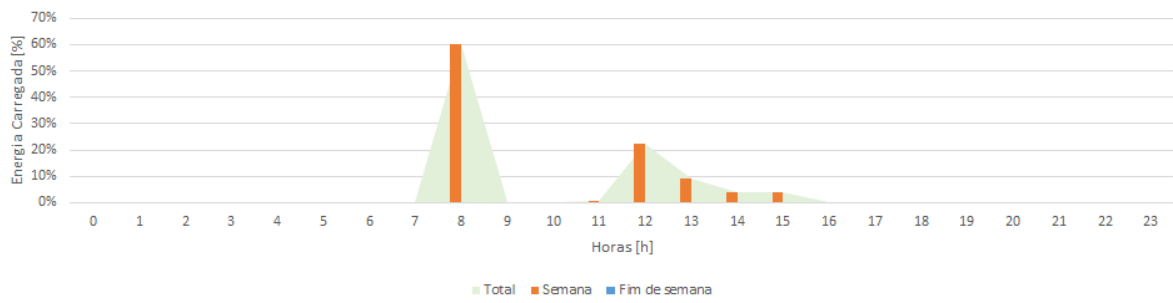
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 14



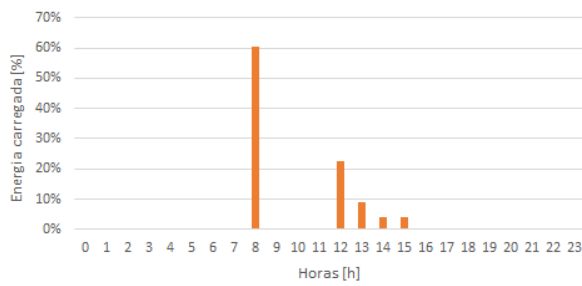
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 14



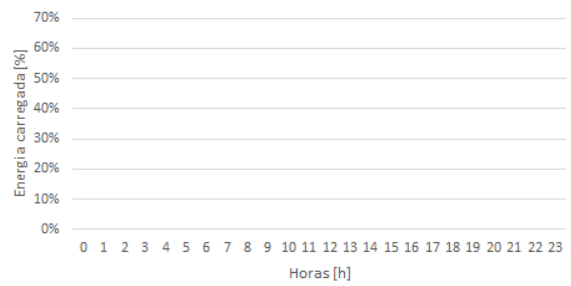
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 15



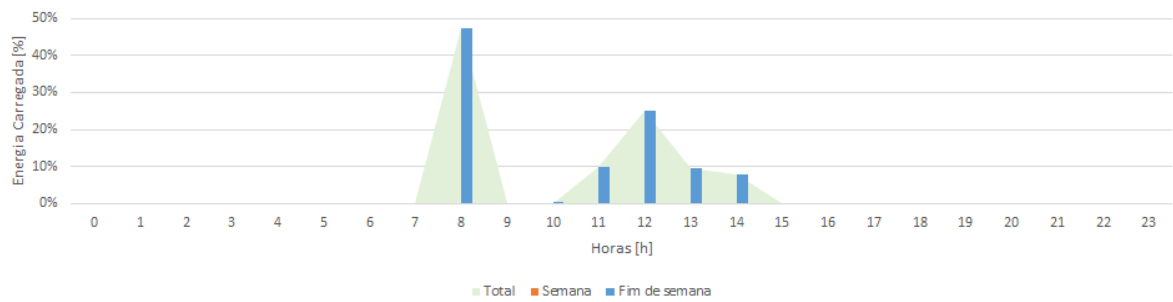
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 15



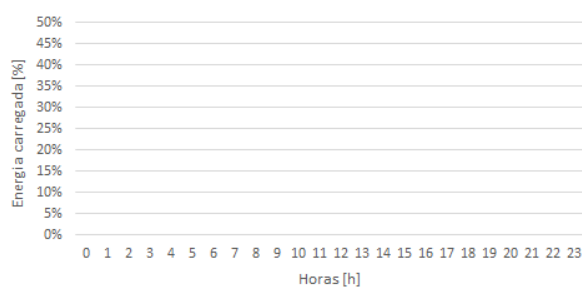
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 15



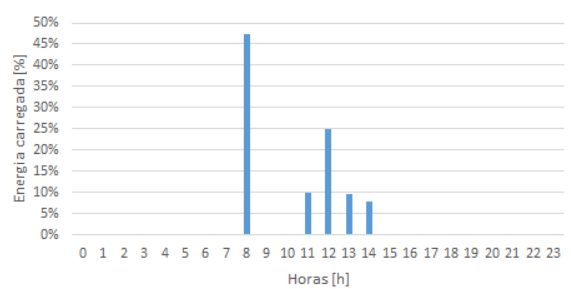
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 16



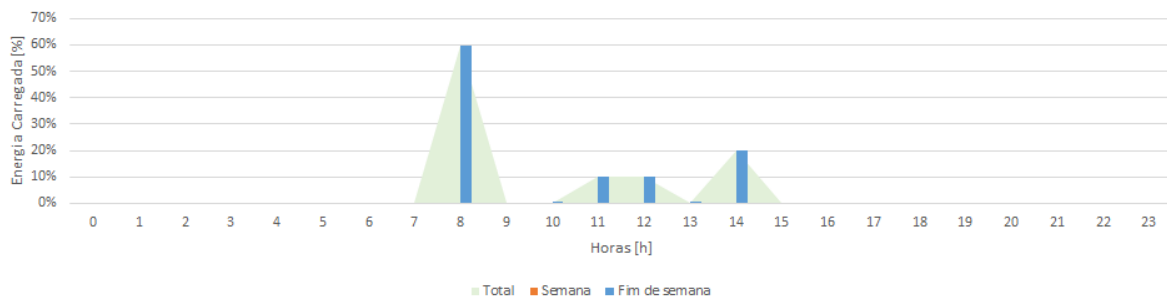
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 16



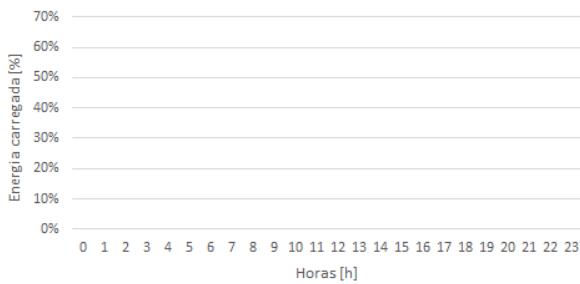
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 16



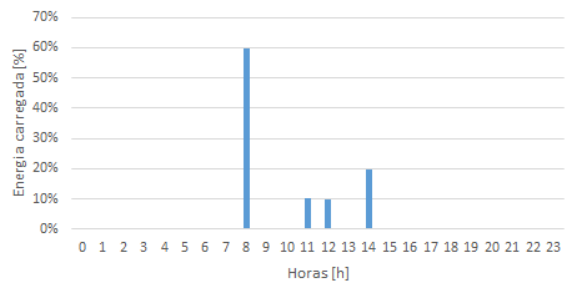
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 17



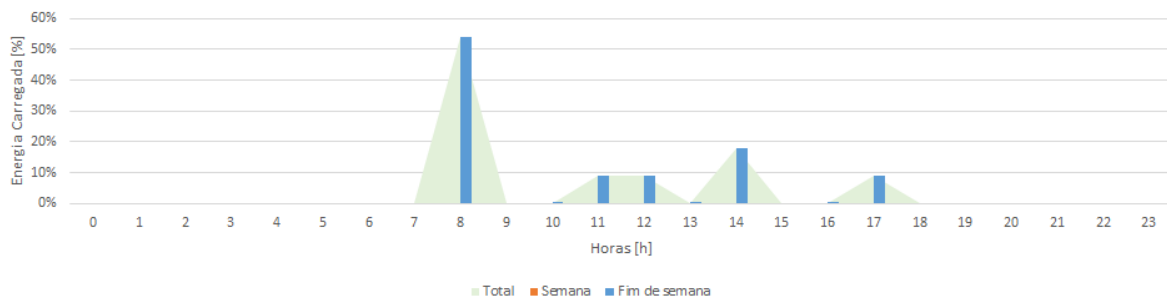
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 17



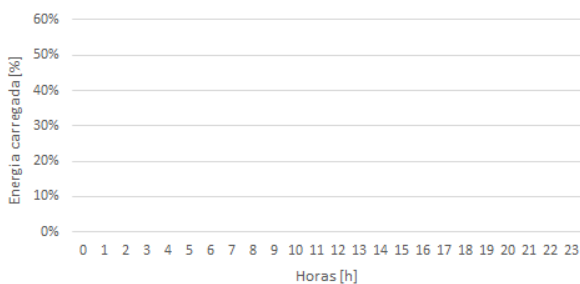
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 17



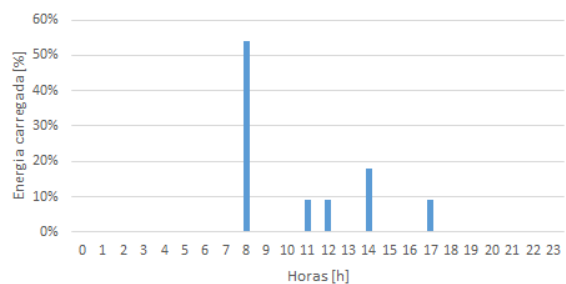
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 18



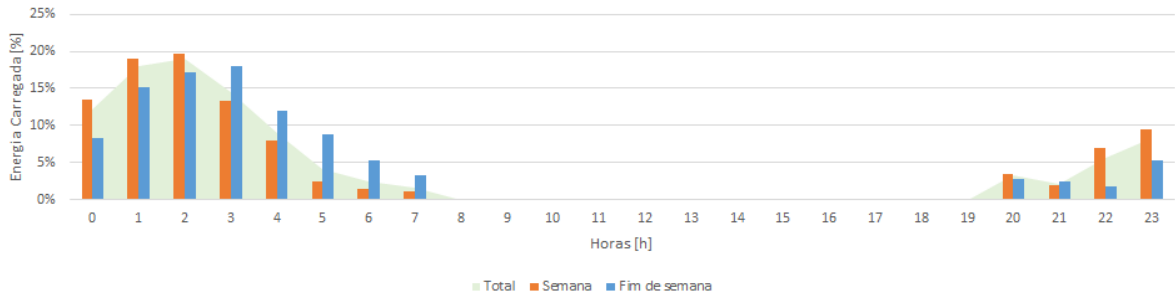
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 18



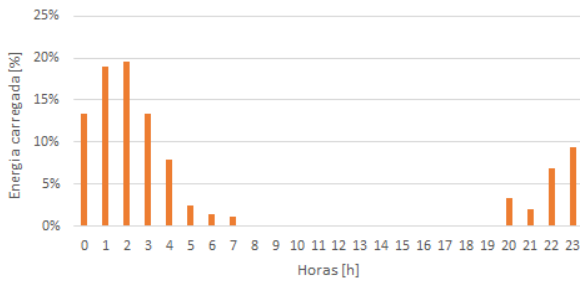
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 18



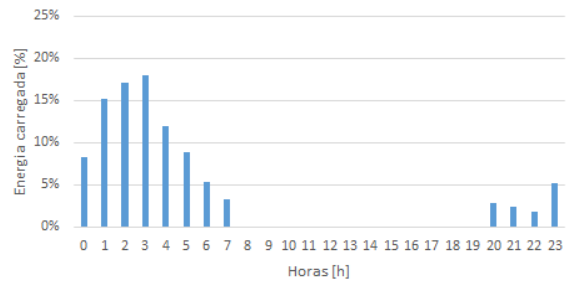
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 19



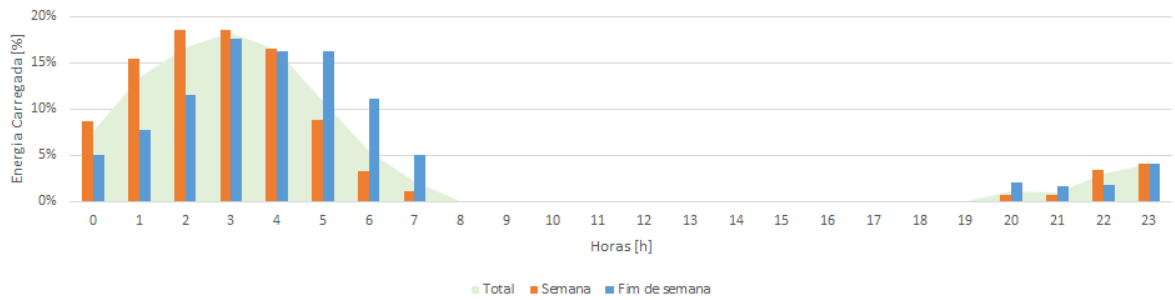
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 19



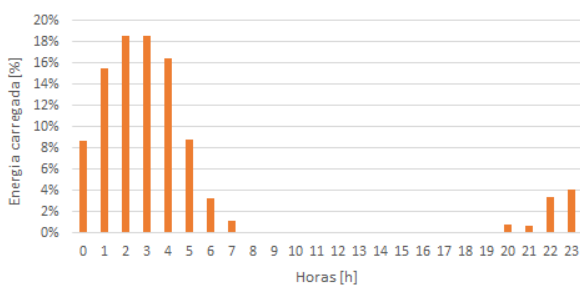
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 19



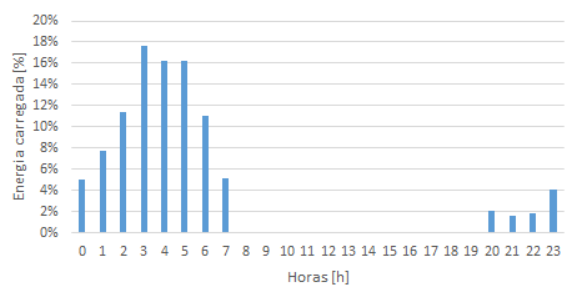
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 20



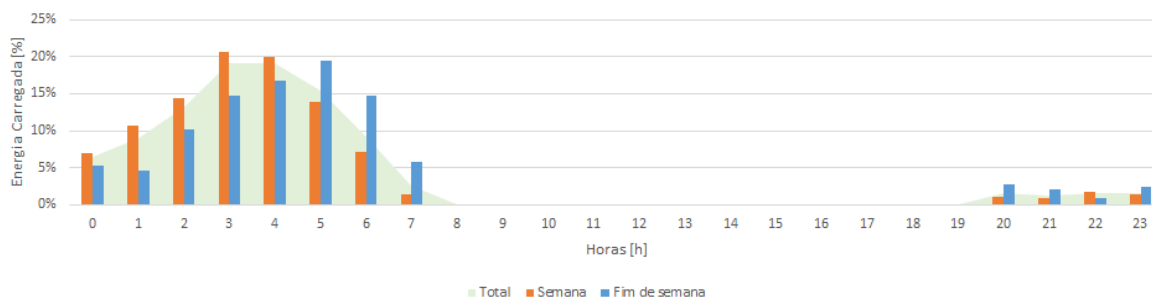
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 20



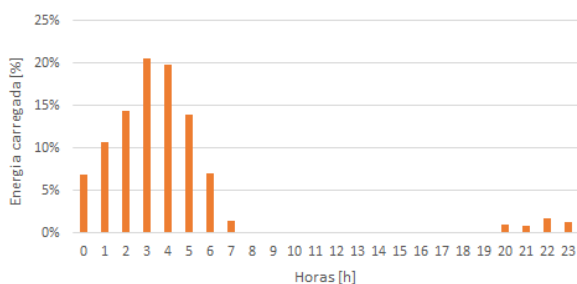
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 20



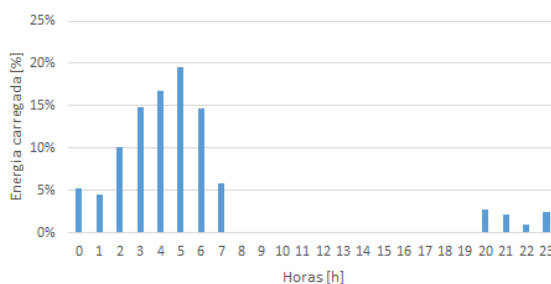
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 21



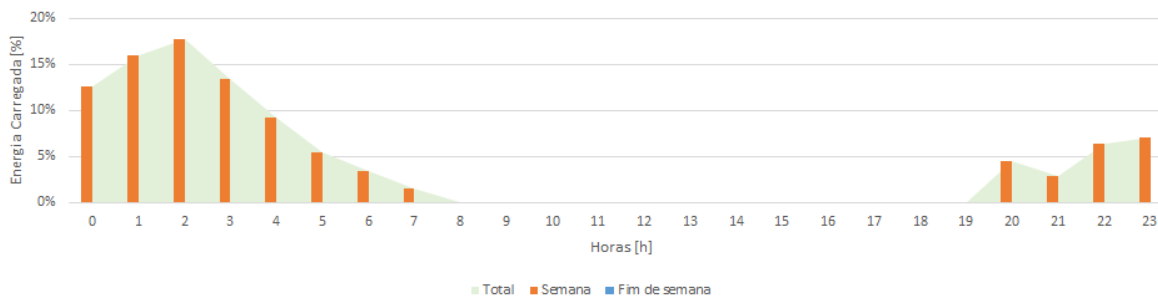
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 21



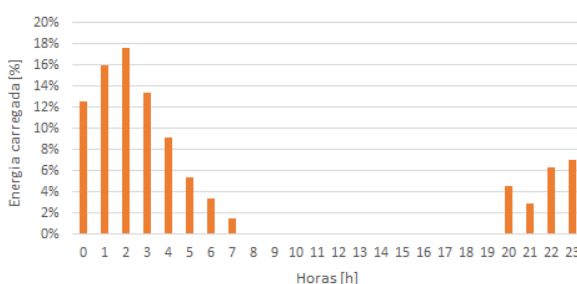
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 21



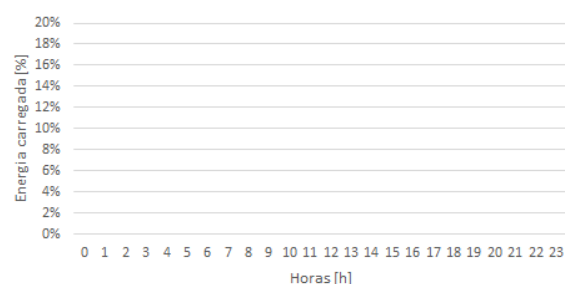
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 22



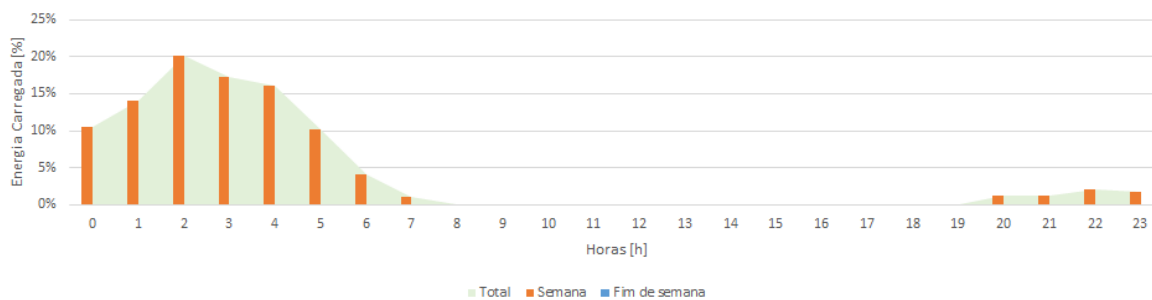
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 22



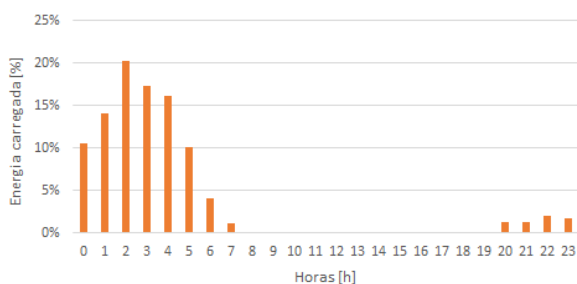
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 22



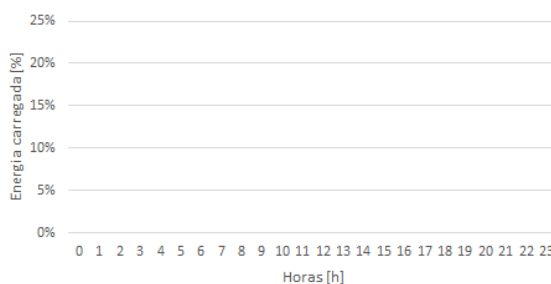
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 23



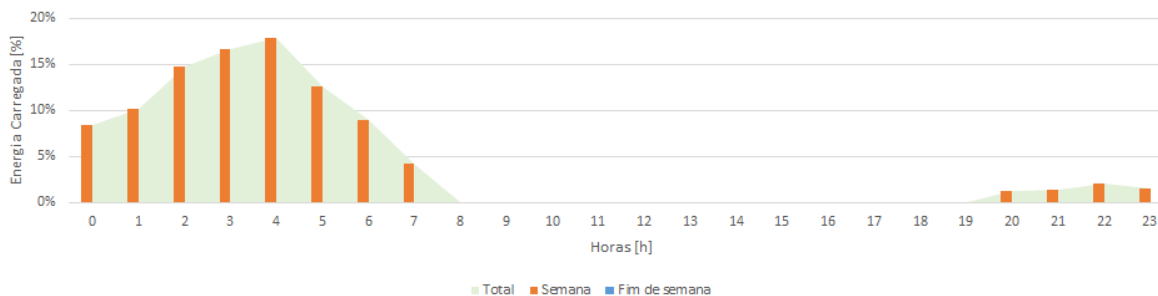
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 23



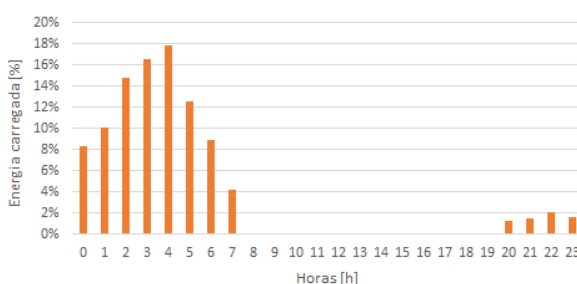
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 23



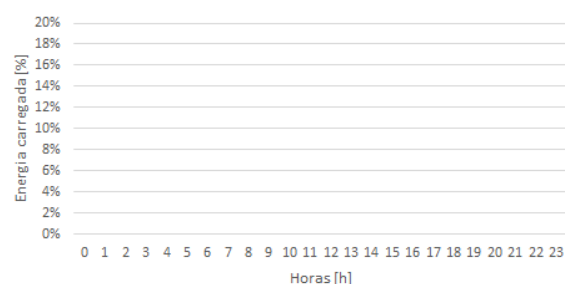
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 24



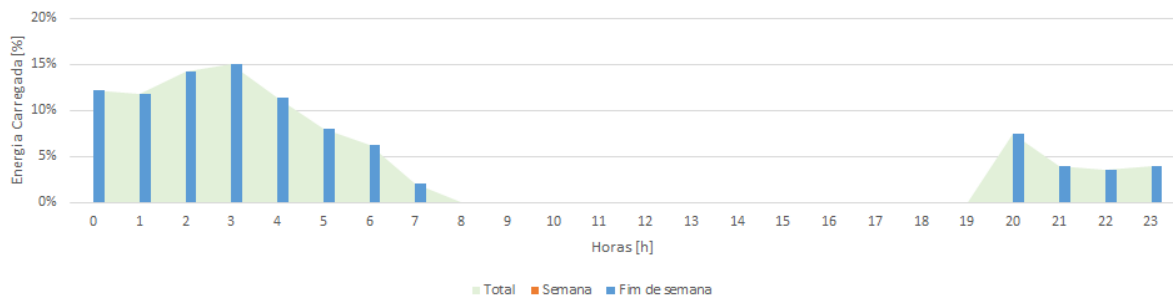
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 24



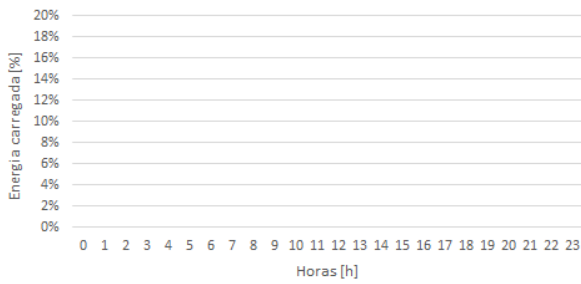
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 24



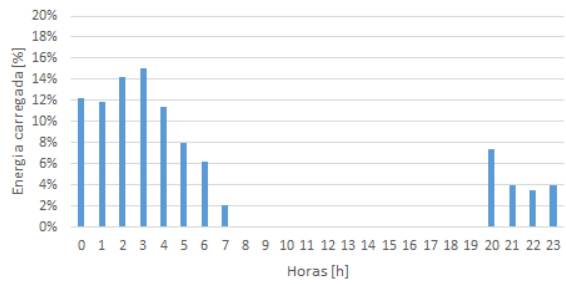
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 25



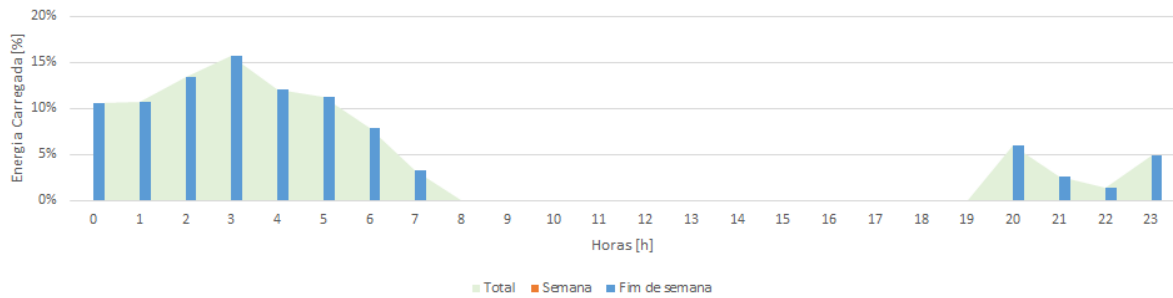
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 25



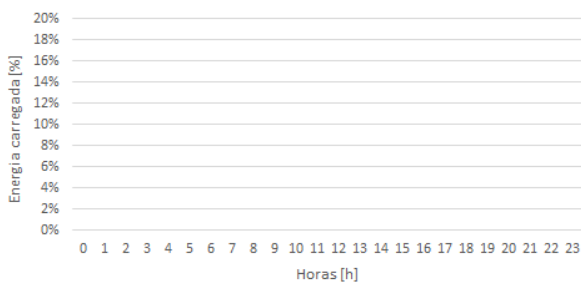
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 25



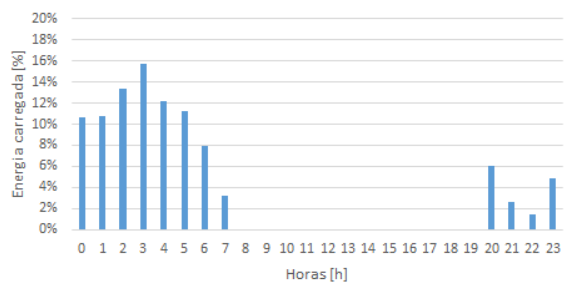
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 26



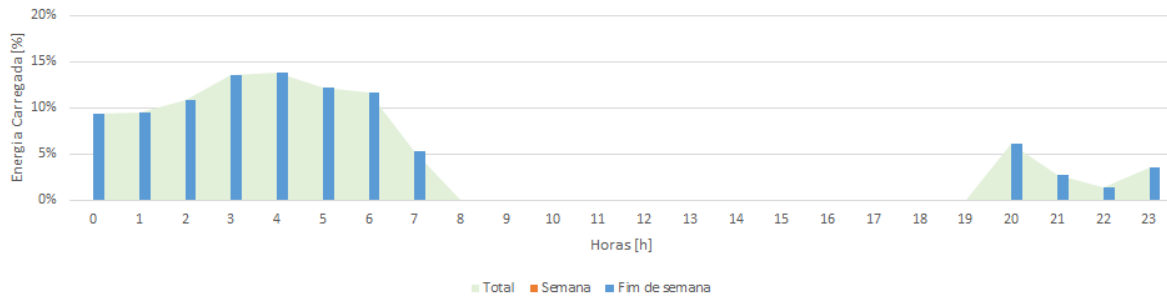
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 26



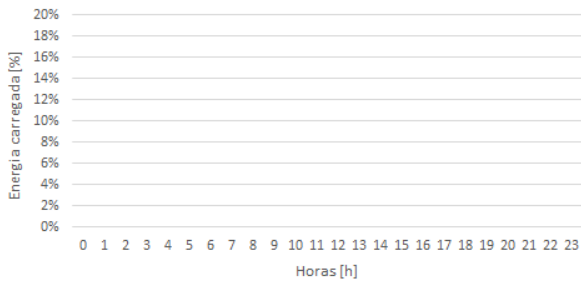
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 26



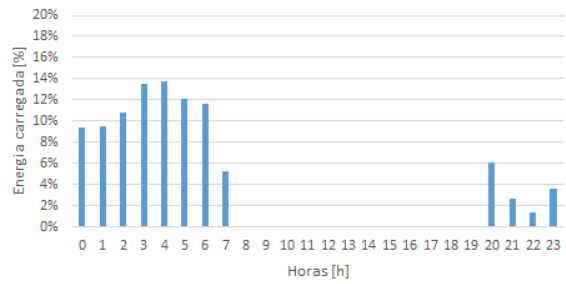
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 27



Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 27

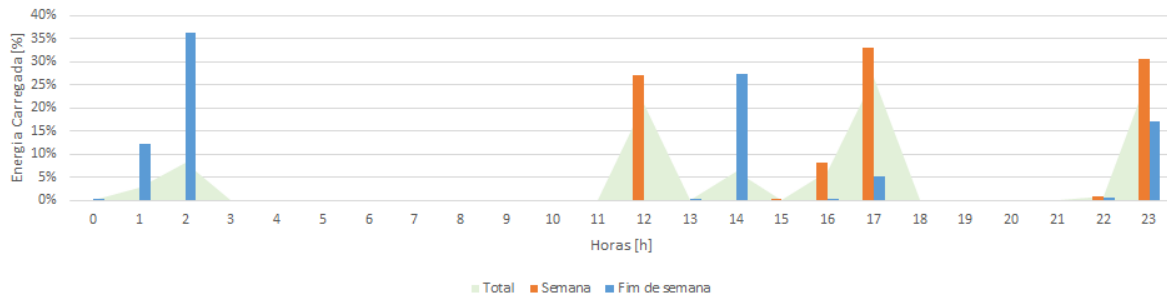


Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 27

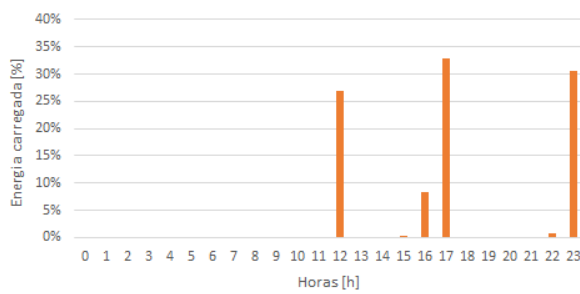


B.2 Ligeiro comercial – Grupo 2

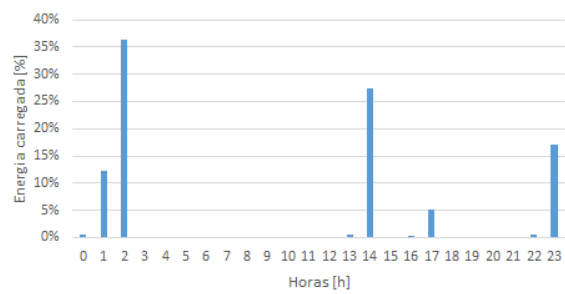
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 1



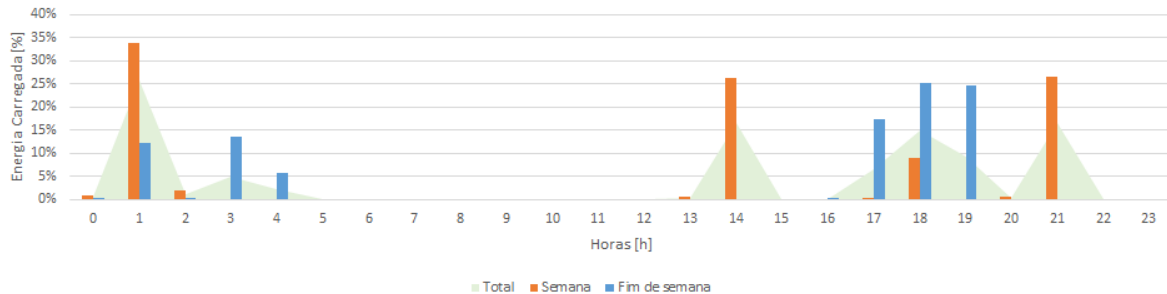
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 1



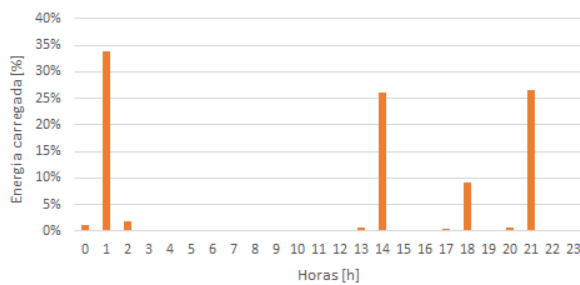
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 1



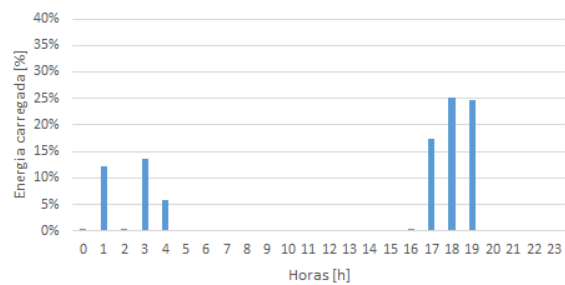
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 2



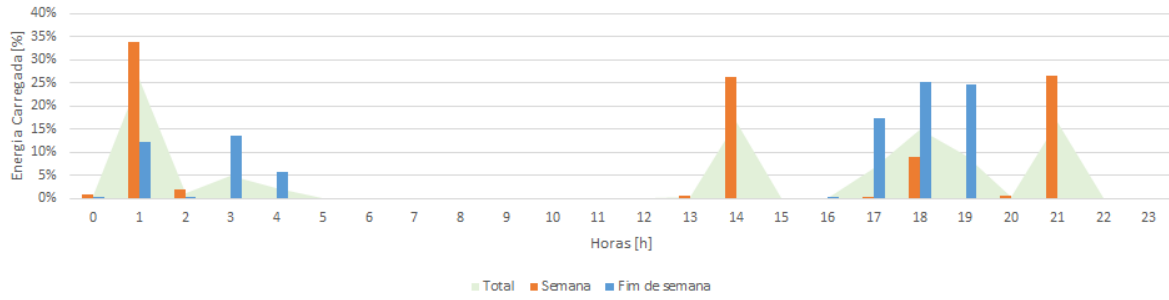
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 2



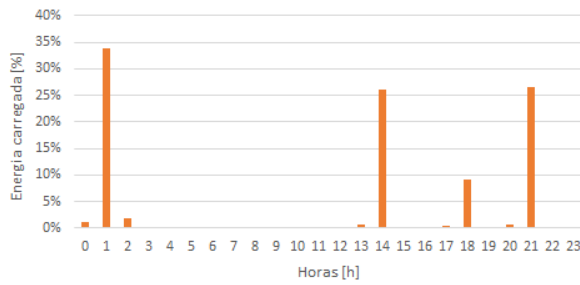
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 2



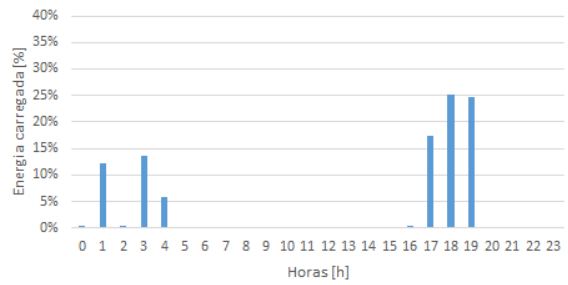
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 3



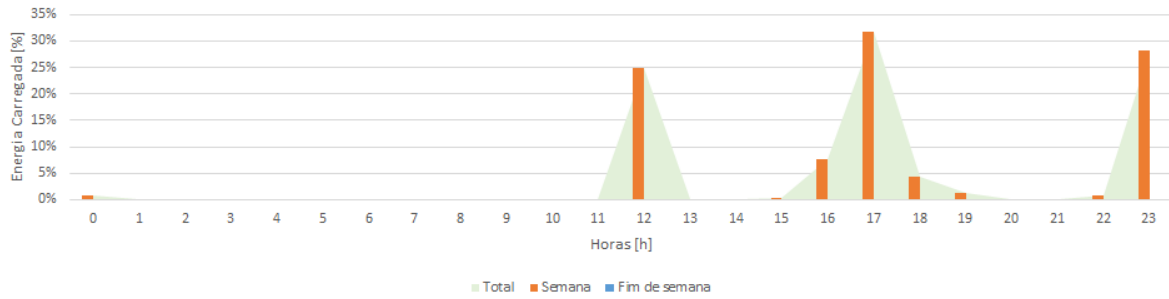
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 3



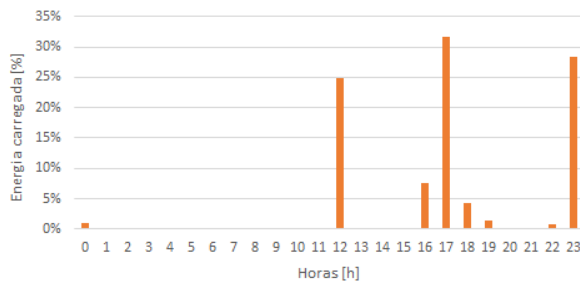
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 3



Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 4



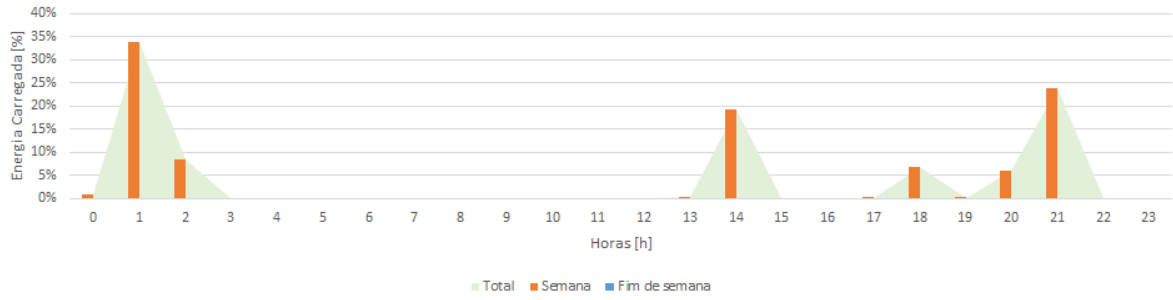
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 4



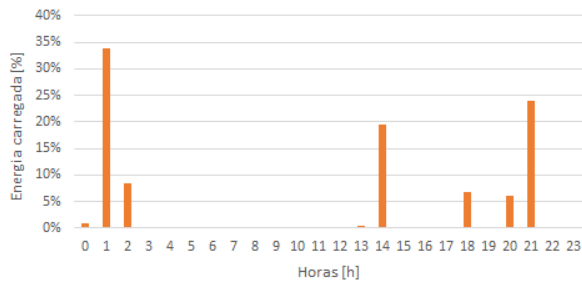
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 4



Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 5



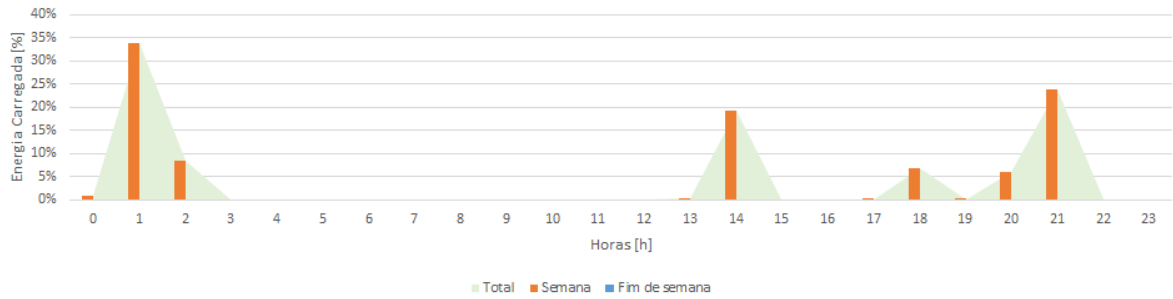
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 5



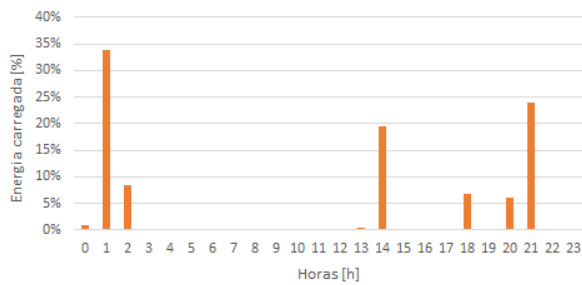
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 5



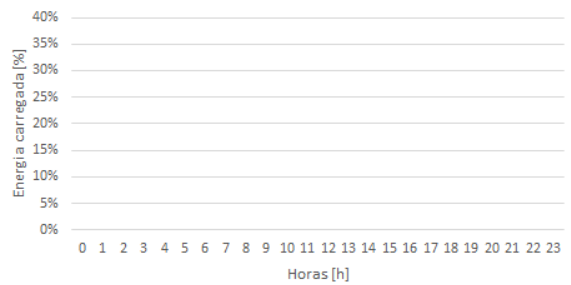
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 6



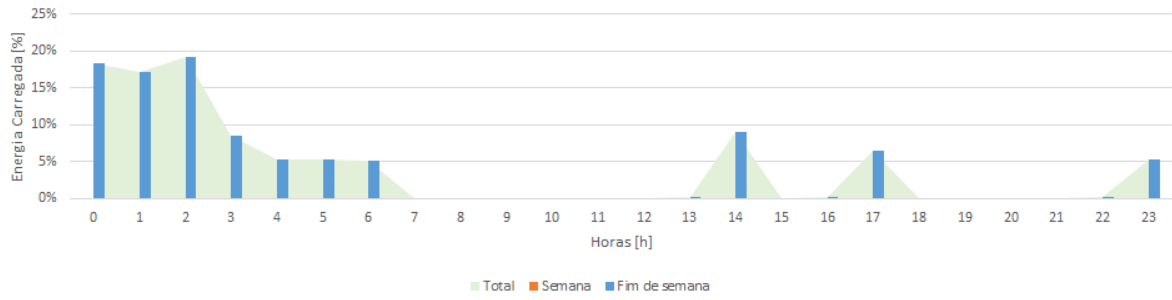
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 6



Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 6



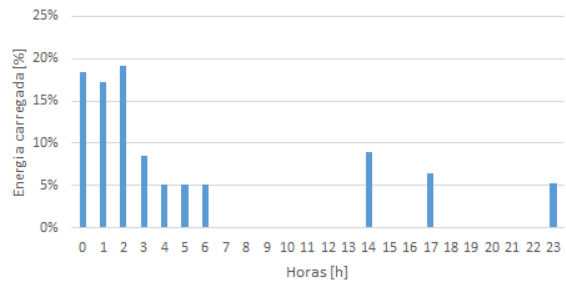
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 7



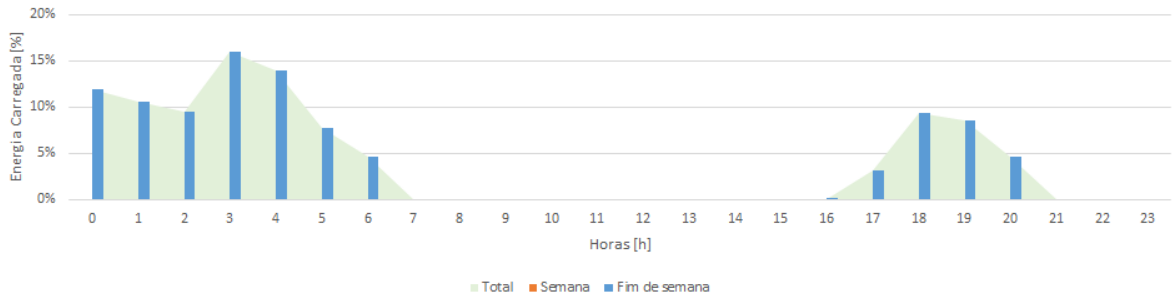
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 7



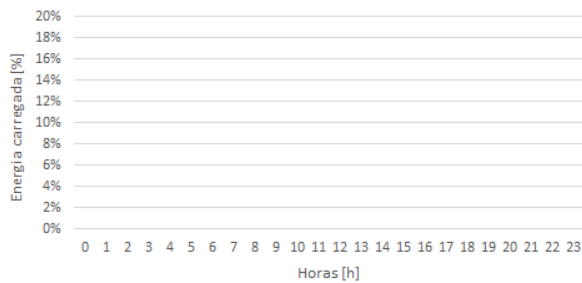
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 7



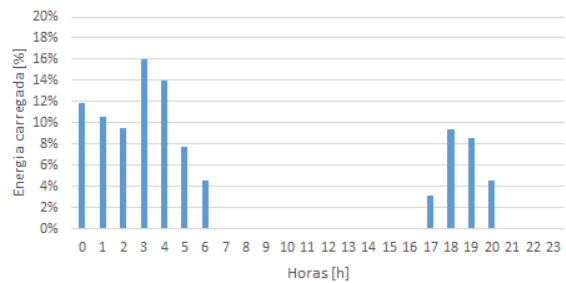
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 8



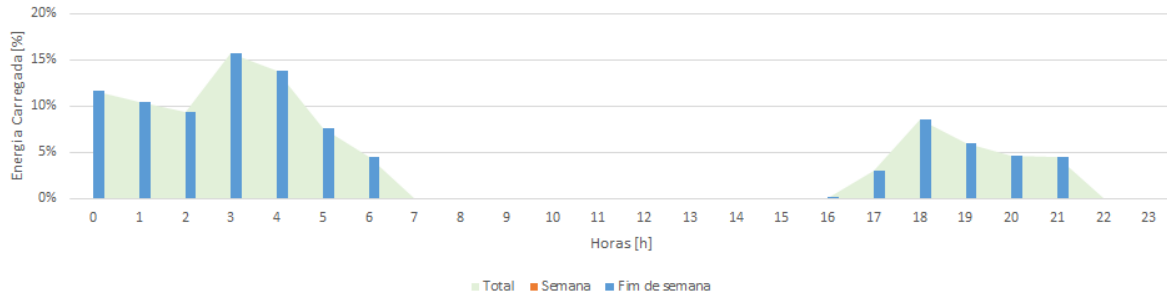
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 8



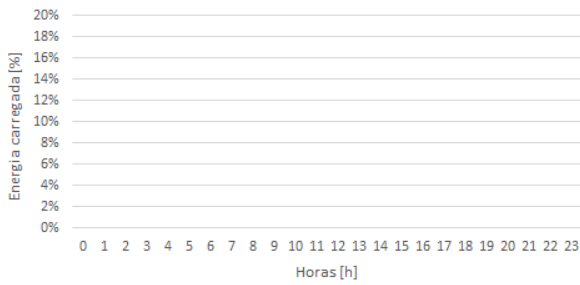
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 8



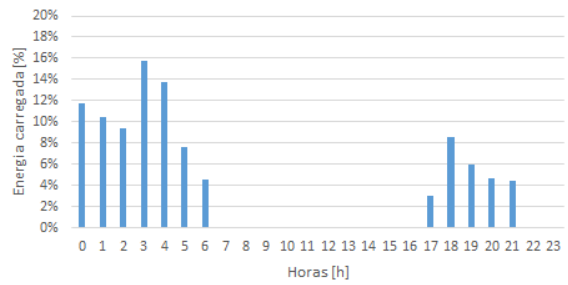
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 9



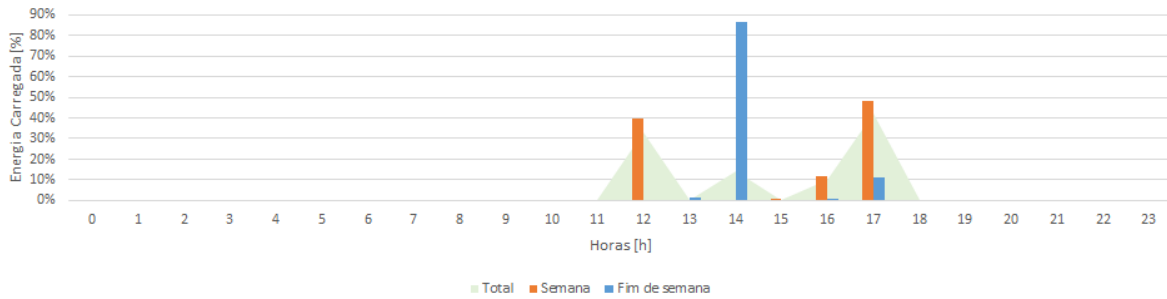
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 9



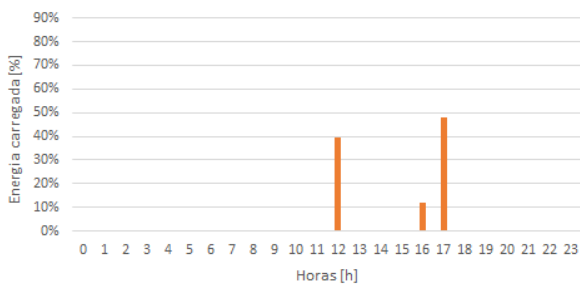
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 9



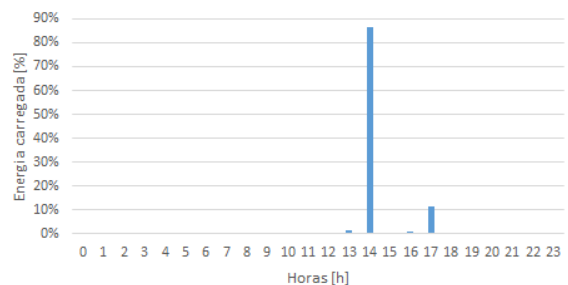
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 10



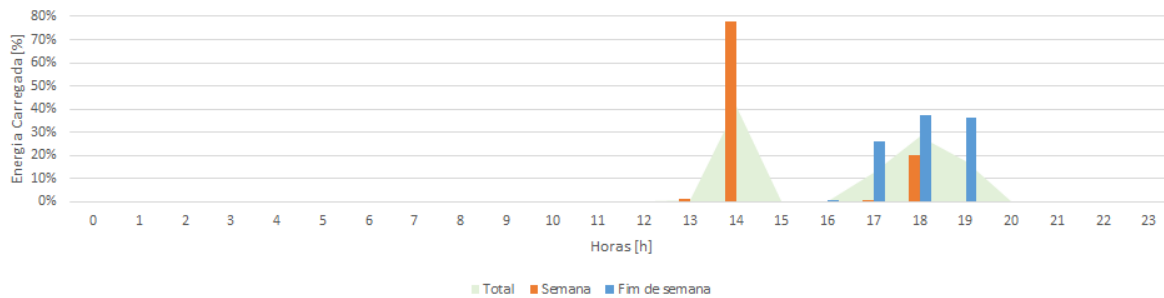
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 10



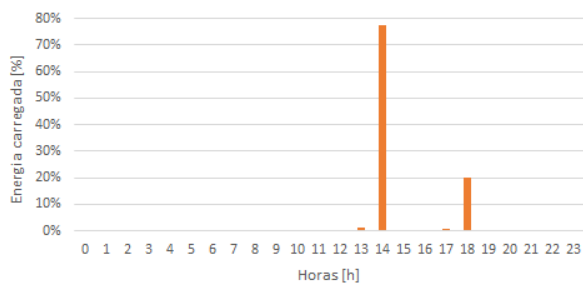
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 10



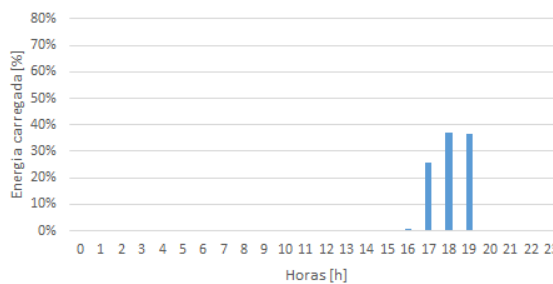
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 11



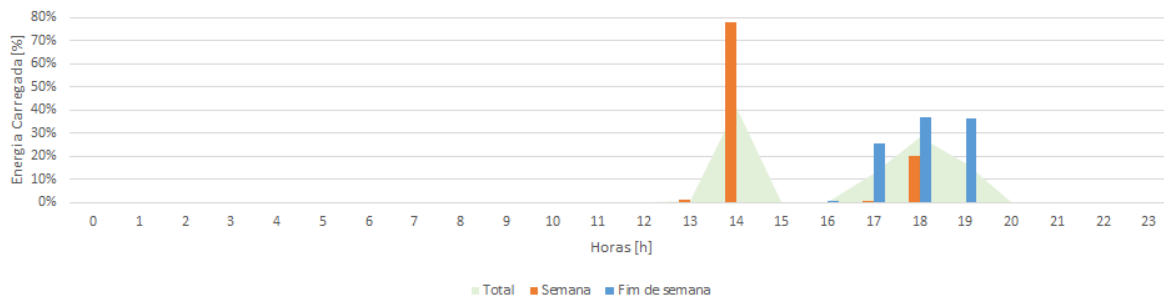
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 11



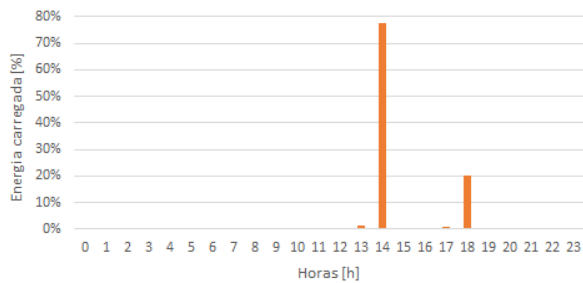
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 11



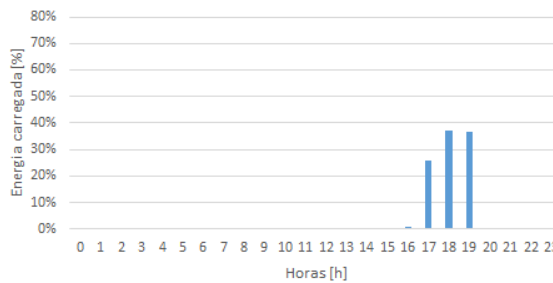
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 12



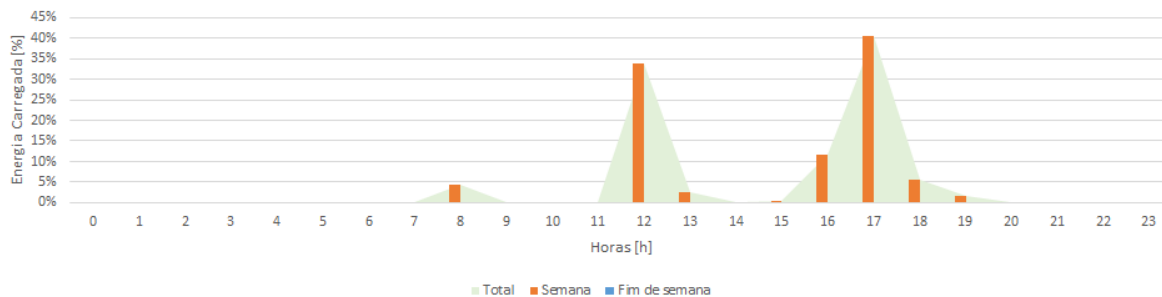
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 12



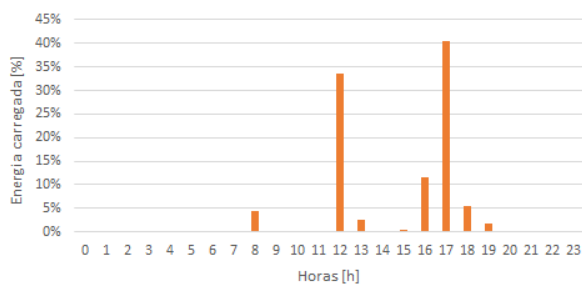
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 12



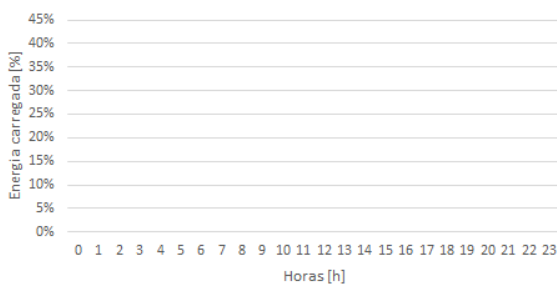
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 13



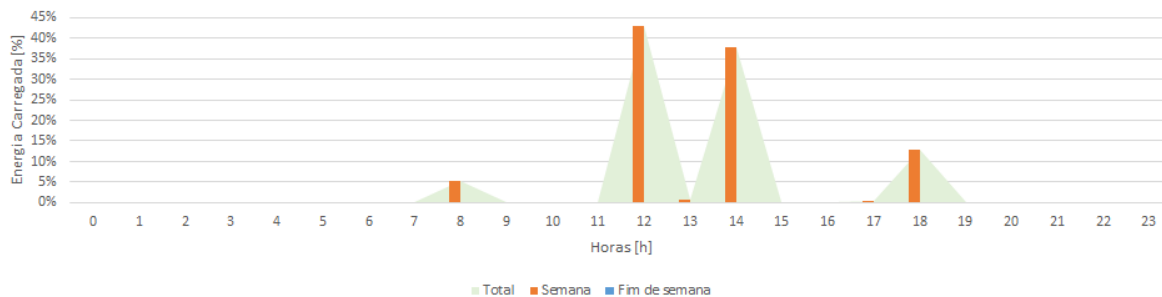
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 13



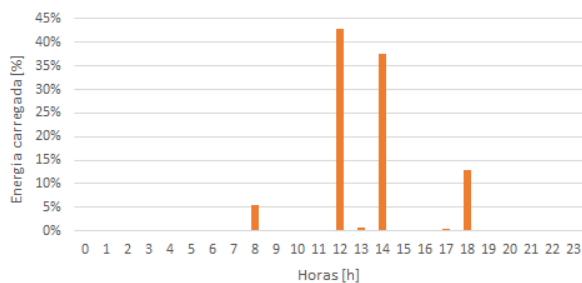
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 13



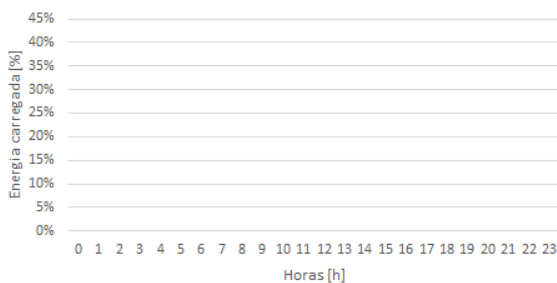
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 14



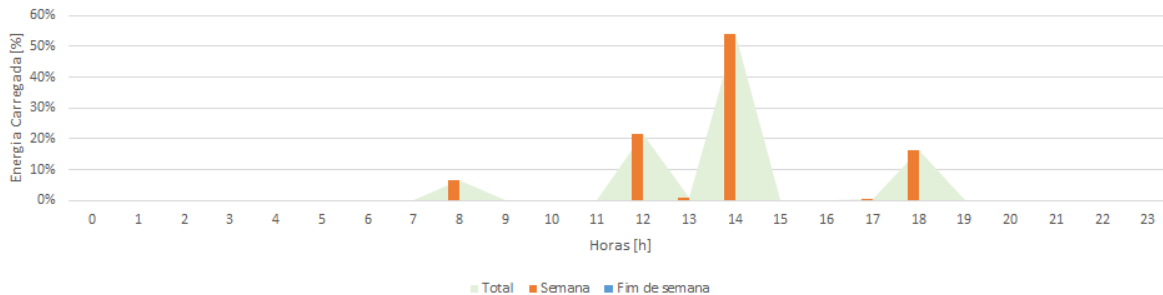
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 14



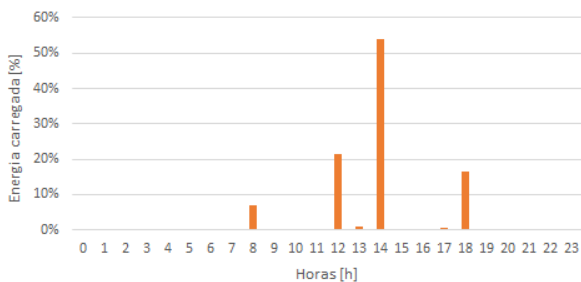
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 14



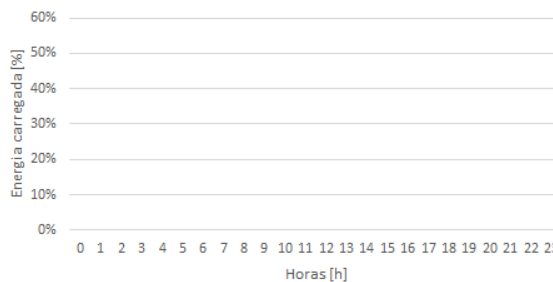
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 15



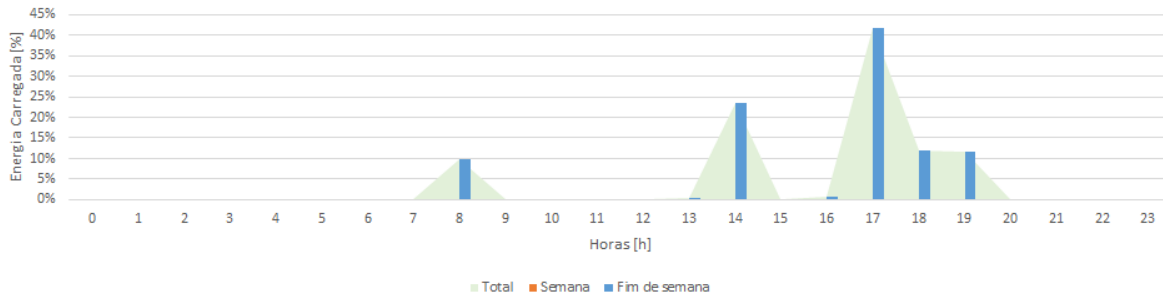
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 15



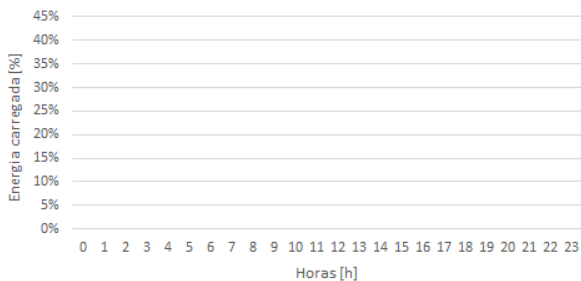
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 15



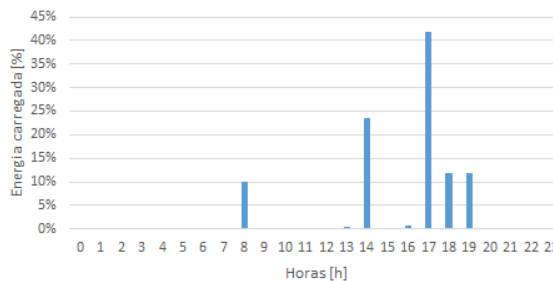
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 16



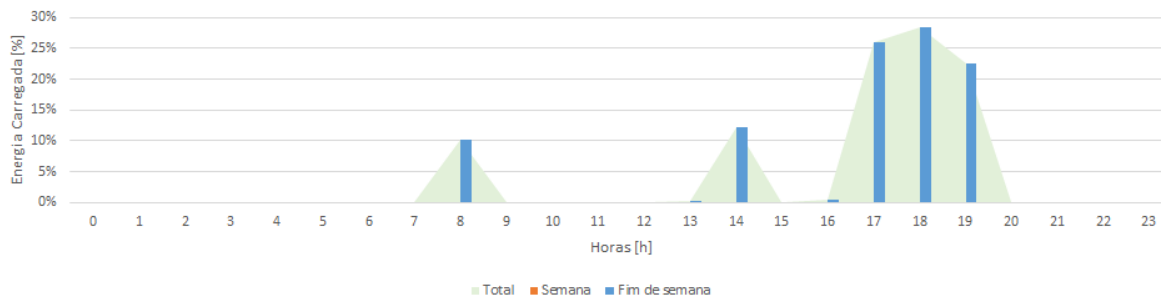
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 16



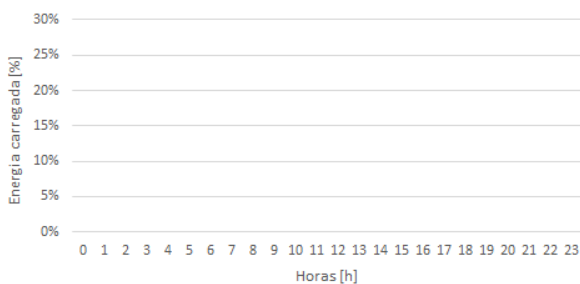
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 16



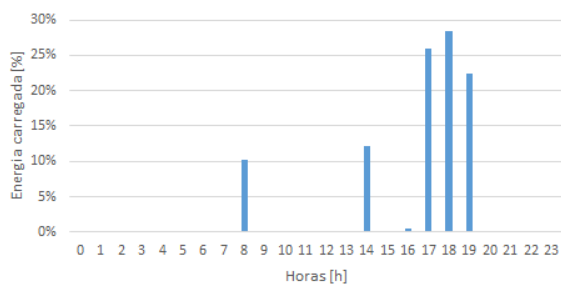
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 17



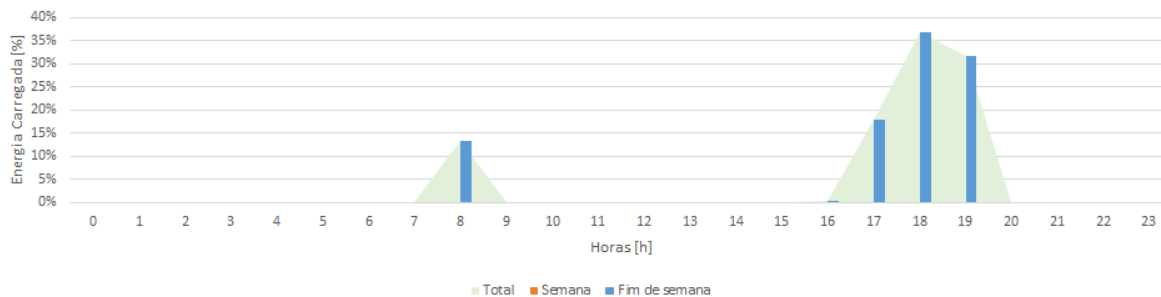
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 17



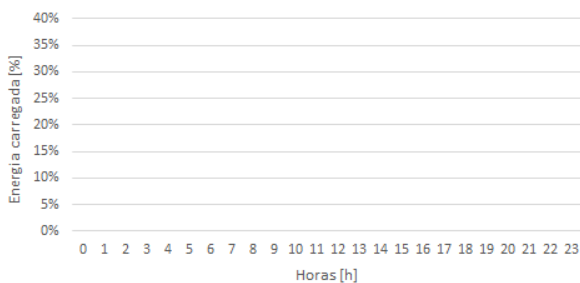
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 17



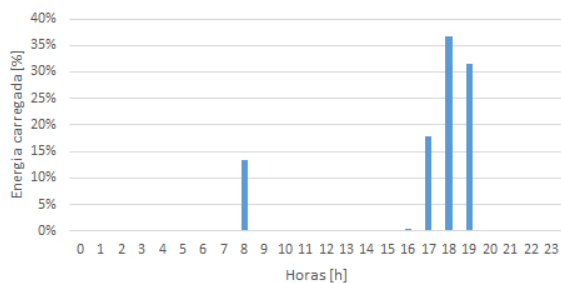
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 18



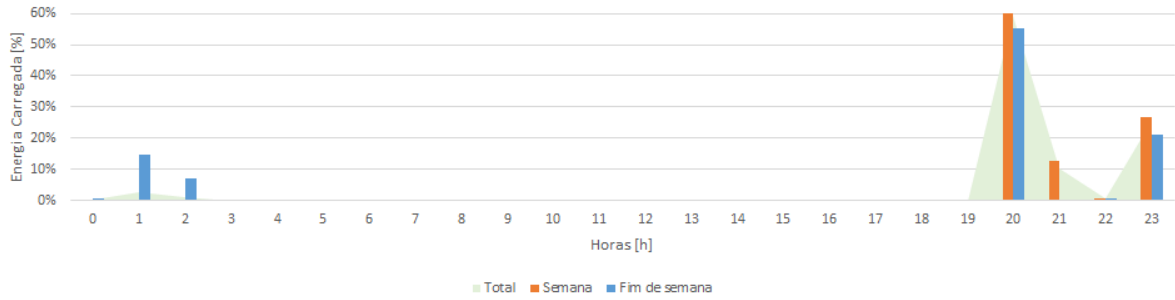
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 18



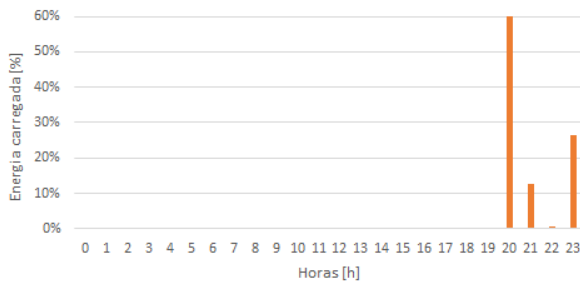
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 18



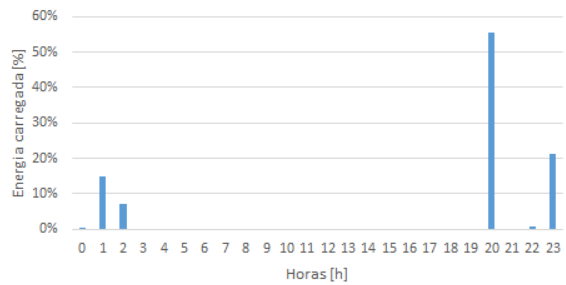
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 19



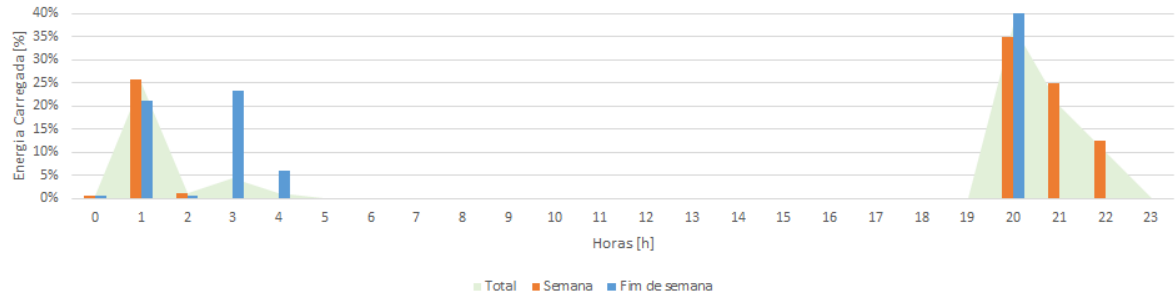
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 19



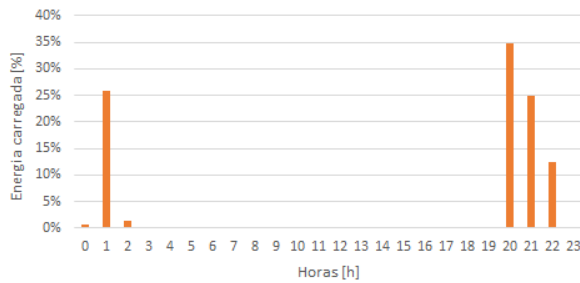
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 19



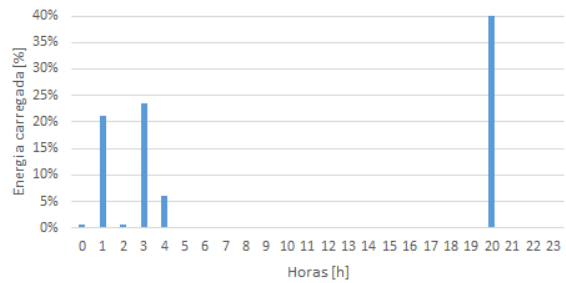
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 20



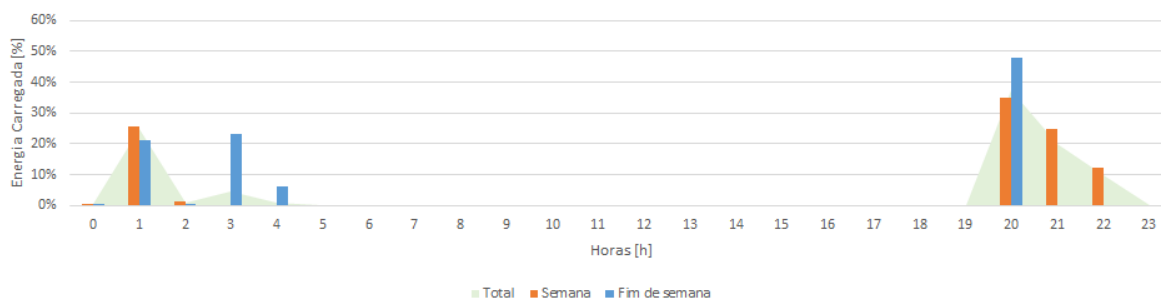
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 20



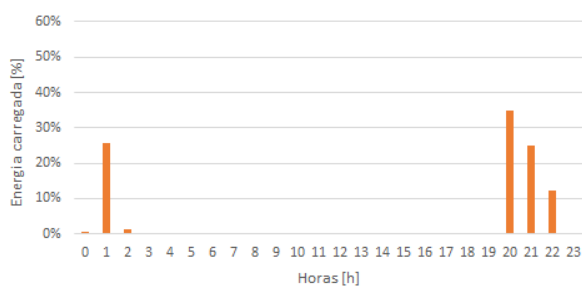
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 20



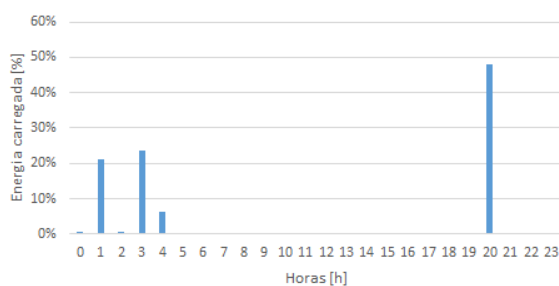
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 21



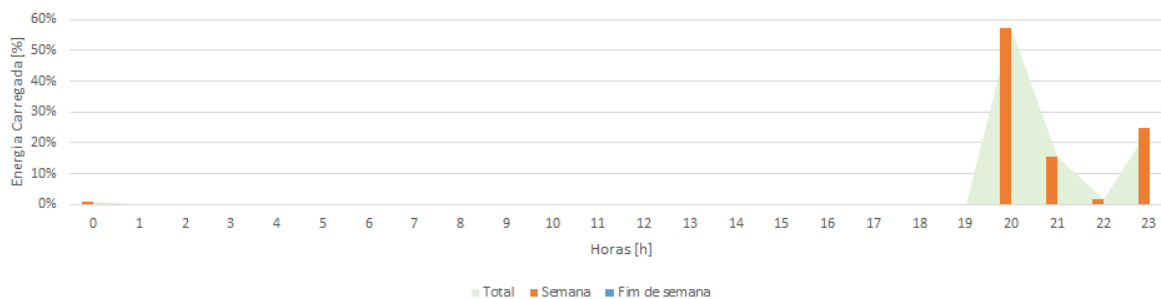
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 21



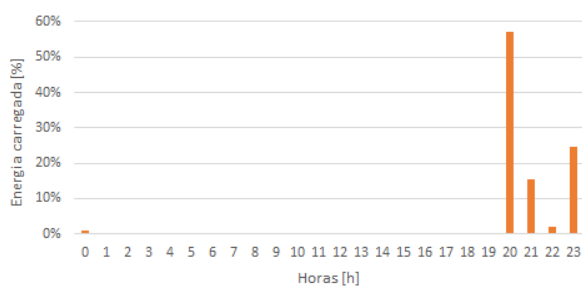
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 21



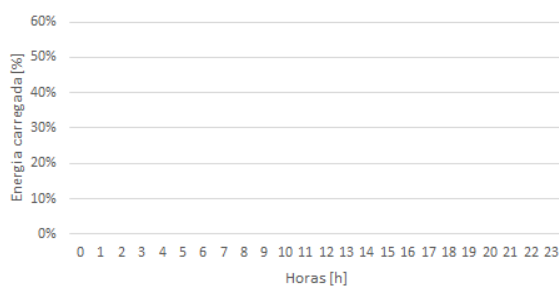
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 22



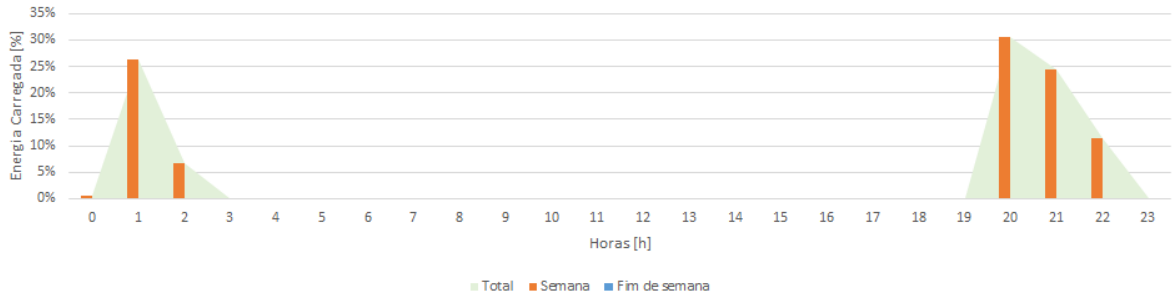
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 22



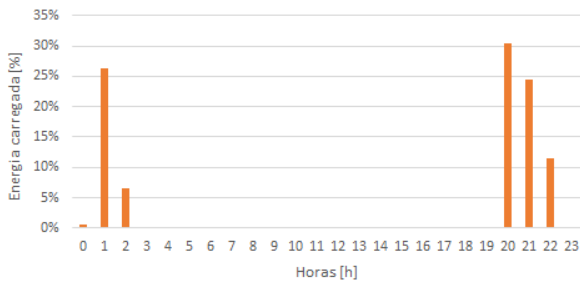
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 22



Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 23



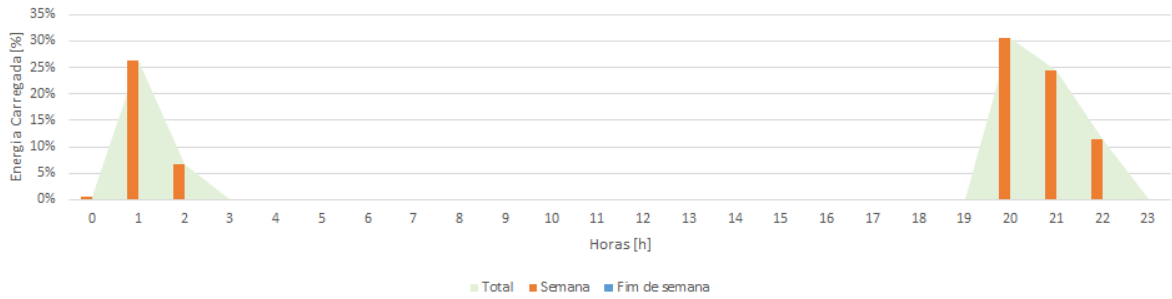
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 23



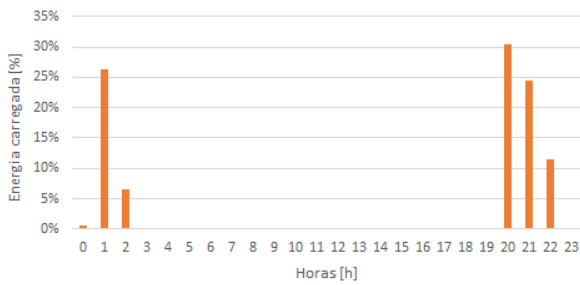
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 23



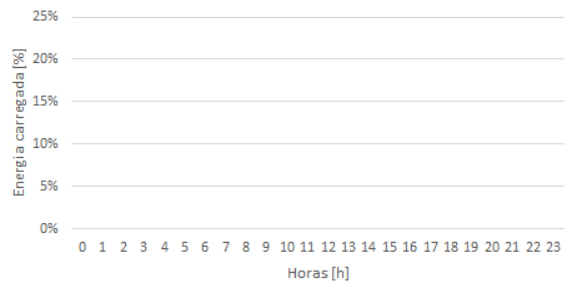
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 24



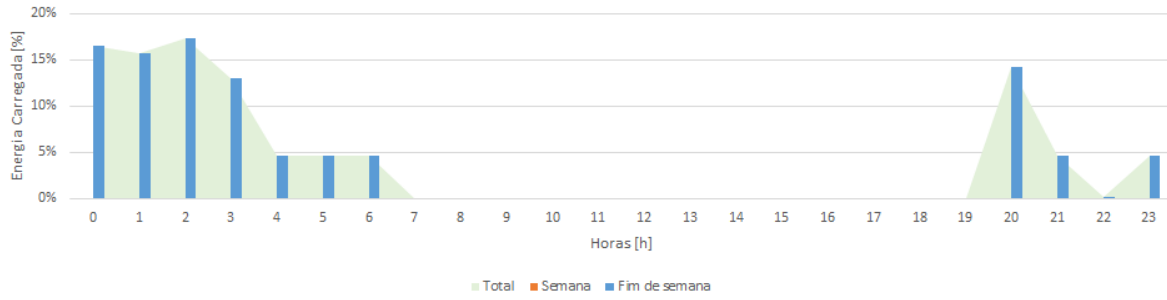
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 24



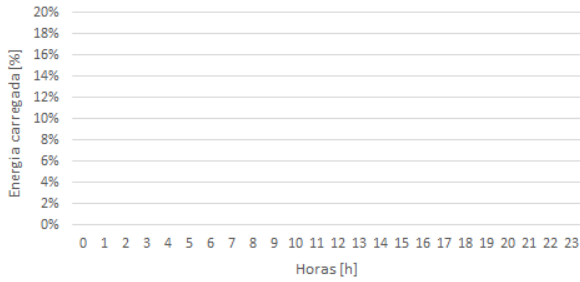
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 24



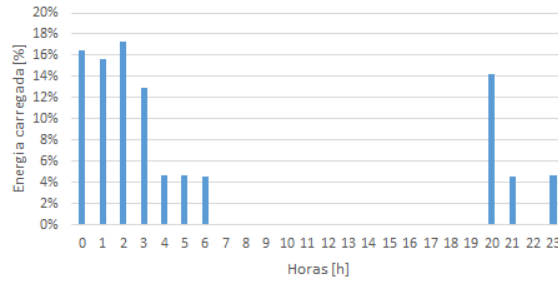
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 25



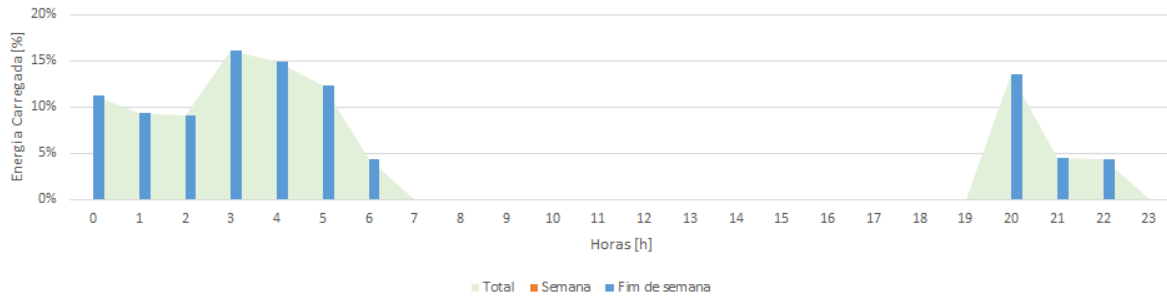
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 25



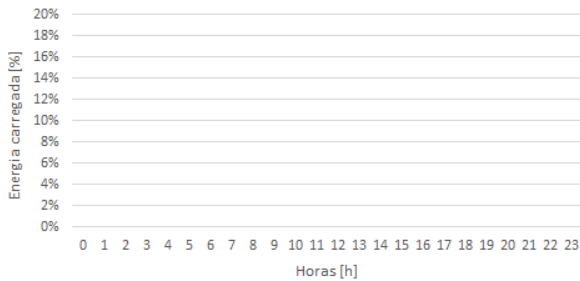
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 25



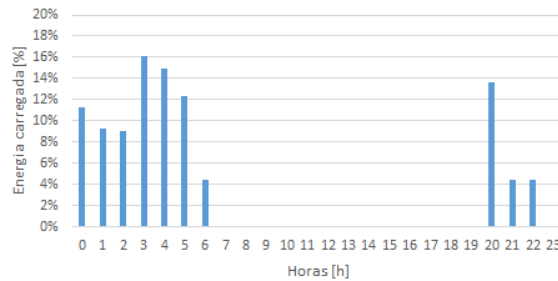
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 26



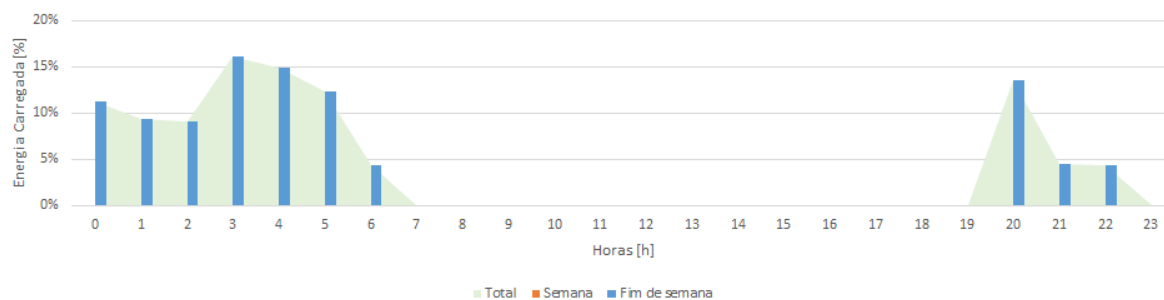
Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 26



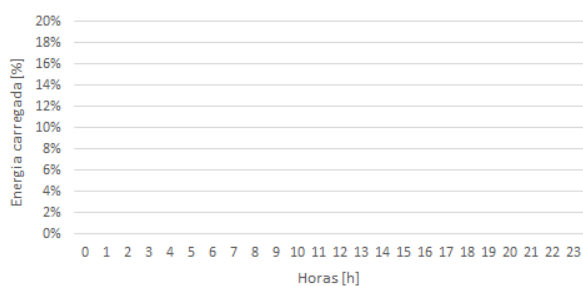
Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 26



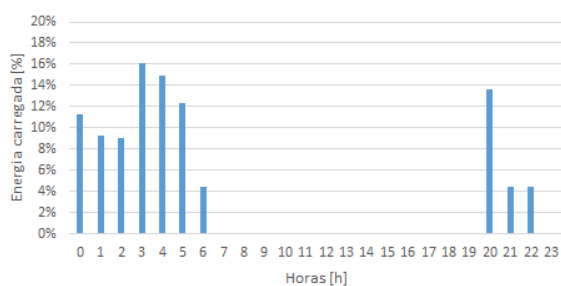
Distribuição percentual do carregamento semanal - Cenário 27



Distribuição percentual do carregamento nos dias de semana - Cenário 27



Distribuição percentual do carregamento nos dias de fim de semana - Cenário 27



C. Mapas de distribuição horária do carregamento em todos os cenários

Tabela 20 - Distribuição horária do carregamento percentual nos diversos cenários para os dias de semana – Grupo 1 [%]

Cenários	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	13,3	18,7	19,2	13,2	8,1	2,5	1,3	0,7	0,0	0,0	0,4	0,3	0,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,8	0,0	0,0	1,7	2,0	6,9	9,9
2	8,8	15,3	18,8	18,8	16,3	8,9	3,2	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	3,4	4,1
3	6,8	10,0	14,1	19,9	20,1	14,9	7,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	1,8	1,3
4	12,3	15,6	17,2	13,1	8,8	5,0	3,2	1,5	0,3	0,0	0,6	0,4	0,6	0,3	0,0	0,8	0,0	0,9	0,3	0,2	2,2	2,6	6,4	7,6
5	10,6	13,7	20,4	17,2	15,9	10,2	4,1	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	2,0	1,8
6	8,4	9,5	14,9	16,8	17,7	12,7	8,9	4,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,2	2,1	1,6
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,4	0,0	9,6	5,5	12,3	12,1	1,3	12,2	7,3	9,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,6	0,0	0,0	0,3	26,7	21,6	0,0	11,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	56,4	0,0	0,0	0,4	16,6	9,6	0,0	12,7	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,9	0,0	10,0	8,3	4,8	2,2	1,6	12,3	12,3	8,6	2,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,6	0,0	0,0	0,3	16,2	6,5	2,8	16,8	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,4	0,0	0,0	0,5	22,4	9,0	3,9	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	13,4	18,9	19,6	13,3	8,0	2,5	1,5	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	2,0	6,9	9,4
20	8,6	15,5	18,6	18,6	16,5	8,8	3,3	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,7	3,4	4,0
21	6,9	10,7	14,4	20,6	19,9	13,9	7,1	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	0,9	1,8	1,3
22	12,6	16,0	17,7	13,4	9,2	5,4	3,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	2,9	6,4	7,1
23	10,5	14,1	20,2	17,3	16,1	10,1	4,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,3	2,0	1,8
24	8,4	10,1	14,8	16,6	17,9	12,6	8,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,5	2,1	1,6
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabela 21 - Distribuição horária do carregamento percentual nos diversos cenários para os dias de fim de semana – Grupo 1 [%]

Cenários	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	9,6	15,3	17,9	18,6	12,2	9,0	5,6	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,8	5,0
2	5,9	7,8	11,7	17,9	16,2	16,9	11,5	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,8	4,2
3	6,1	4,4	10,1	14,5	17,0	19,8	15,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	1,0	2,5
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	13,9	11,8	14,2	15,0	14,0	10,7	8,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,2	2,7
8	12,0	10,8	13,5	15,8	13,6	12,6	10,7	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	3,6
9	10,7	9,5	10,9	13,6	14,7	13,2	12,1	8,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	2,3
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	89,7	0,0	0,0	0,3	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	95,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,3	0,0	0,2	9,9	25,0	9,6	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	0,0	0,2	10,1	9,9	0,3	19,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,1	0,0	0,2	9,2	9,0	0,3	18,0	0,0	0,2	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	8,2	15,1	17,1	17,9	11,9	8,9	5,4	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,4	1,8	5,2
20	5,1	7,7	11,5	17,6	16,2	16,2	11,1	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	1,6	1,9	4,1
21	5,3	4,5	10,1	14,8	16,8	19,5	14,7	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	2,1	1,0	2,5
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	12,2	11,8	14,3	15,0	11,4	8,0	6,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	4,0	3,5	4,0
26	10,6	10,7	13,4	15,7	12,1	11,2	7,9	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	2,7	1,4	4,9
27	9,4	9,5	10,9	13,5	13,8	12,2	11,7	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	2,7	1,4	3,6

Tabela 22 - Distribuição horária do carregamento percentual semanal nos diversos cenários – Grupo 1 [%]

Cenários	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	12,4	17,9	18,9	14,5	9,1	4,1	2,3	1,4	0,0	0,0	0,3	0,2	0,3	0,0	0,0	0,5	0,0	0,6	0,0	0,0	1,3	1,8	5,7	8,7
2	8,0	13,3	16,9	18,5	16,3	11,0	5,4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	2,7	4,1
3	6,6	8,6	13,1	18,5	19,3	16,2	9,7	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,6	1,6
4	12,3	15,6	17,2	13,1	8,8	5,0	3,2	1,5	0,3	0,0	0,6	0,4	0,6	0,3	0,0	0,8	0,0	0,9	0,3	0,2	2,2	2,6	6,4	7,6
5	10,6	13,7	20,4	17,2	15,9	10,2	4,1	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,8	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,0	2,0	1,8
6	8,4	9,5	14,9	16,8	17,7	12,7	8,9	4,0	0,3	0,0	0,0	0,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,2	2,1	1,6
7	13,9	11,8	14,2	15,0	14,0	10,7	8,8	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	2,2	2,7
8	12,0	10,8	13,5	15,8	13,6	12,6	10,7	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,1	3,6
9	10,7	9,5	10,9	13,6	14,7	13,2	12,1	8,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	0,0	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0	2,3
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,1	0,0	8,5	4,9	12,0	10,7	1,1	10,8	6,4	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,2	0,0	0,0	0,3	23,1	18,7	0,6	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,6	0,0	0,0	0,4	13,6	7,9	0,8	10,4	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	35,9	0,0	10,0	8,3	4,8	2,2	1,6	12,3	12,3	8,6	2,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,6	0,0	0,0	0,3	16,2	6,5	2,8	16,8	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,4	0,0	0,0	0,5	22,4	9,0	3,9	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,3	0,0	0,2	9,9	25,0	9,6	7,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,6	0,0	0,2	10,1	9,9	0,3	19,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,1	0,0	0,2	9,2	9,0	0,3	18,0	0,0	0,2	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	12,1	18,0	19,0	14,5	9,0	4,1	2,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	2,1	5,6	8,3
20	7,7	13,4	16,7	18,3	16,4	10,8	5,4	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,0	3,0	4,0
21	6,5	9,0	13,3	19,1	19,0	15,4	9,1	2,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	1,2	1,6	1,7
22	12,6	16,0	17,7	13,4	9,2	5,4	3,4	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	2,9	6,4	7,1
23	10,5	14,1	20,2	17,3	16,1	10,1	4,1	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	1,3	2,0	1,8
24	8,4	10,1	14,8	16,6	17,9	12,6	8,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	1,5	2,1	1,6
25	12,2	11,8	14,3	15,0	11,4	8,0	6,2	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	4,0	3,5	4,0
26	10,6	10,7	13,4	15,7	12,1	11,2	7,9	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	2,7	1,4	4,9
27	9,4	9,5	10,9	13,5	13,8	12,2	11,7	5,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	2,7	1,4	3,6

Tabela 23 - Distribuição horária do carregamento percentual nos diversos cenários para os dias de semana – Grupo 2 [%]

Cenários	Horas																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	27,0	0,0	0,0	0,2	8,2	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	30,7	
2	1,0	33,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	26,2	0,0	0,0	0,3	9,1	0,0	0,6	26,5	0,0	0,0	
3	1,0	33,8	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	26,2	0,0	0,0	0,3	9,1	0,0	0,6	26,5	0,0	0,0	
4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,9	0,0	0,0	0,2	7,6	31,6	4,3	1,3	0,0	0,0	0,8	28,3	
5	0,8	33,8	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	19,4	0,0	0,0	0,2	6,7	0,1	6,0	24,0	0,0	0,0	
6	0,8	33,8	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	19,4	0,0	0,0	0,2	6,7	0,1	6,0	24,0	0,0	0,0	
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,7	0,0	0,0	0,4	12,0	47,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	77,7	0,0	0,0	0,7	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	77,7	0,0	0,0	0,7	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	33,7	2,6	0,0	0,3	11,5	40,3	5,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	42,8	0,7	37,7	0,0	0,0	0,4	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	21,5	0,9	53,8	0,0	0,0	0,5	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,1	12,6	0,8	26,6
20	0,7	25,8	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9	24,9	12,4	0,0
21	0,7	25,8	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9	24,9	12,4	0,0
22	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	15,5	1,9	24,8
23	0,7	26,3	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	24,4	11,5	0,0
24	0,7	26,3	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	24,4	11,5	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
26	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
27	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

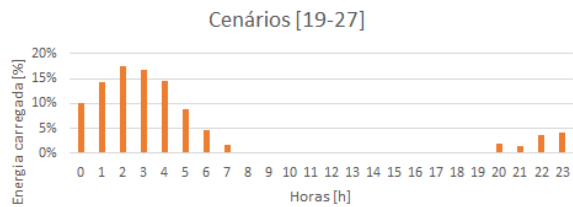
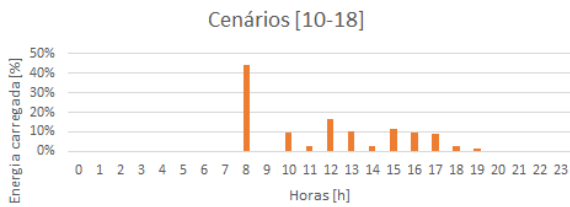
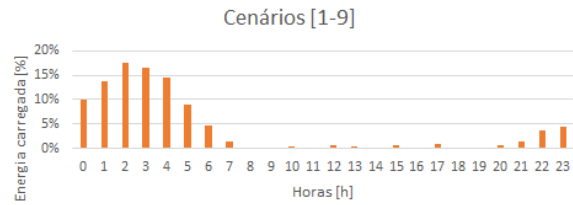
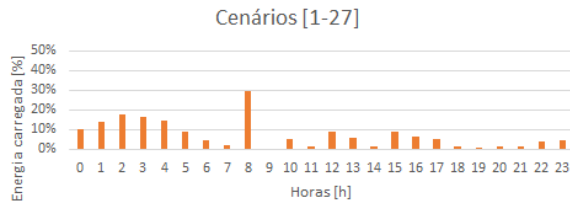
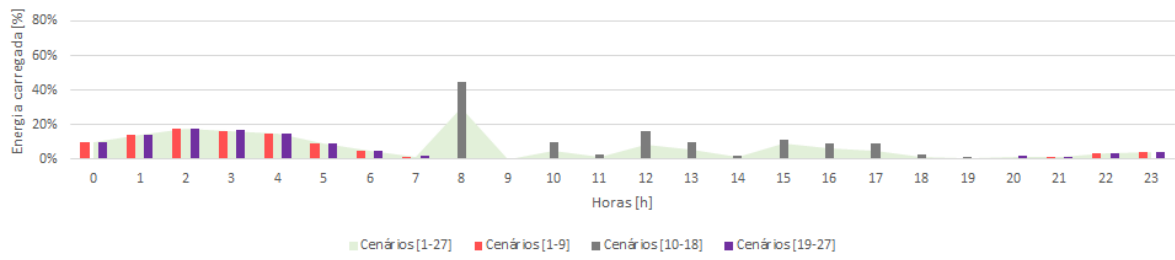
Tabela 24 - Distribuição horária do carregamento percentual nos diversos cenários para os dias de fim de semana – Grupo 2 [%]

Cenários	Horas																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
1	0,5	12,3	36,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	27,4	0,0	0,3	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	17,0
2	0,4	12,2	0,4	13,5	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	17,5	25,1	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
3	0,4	12,2	0,4	13,5	5,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	17,5	25,1	24,7	0,0	0,0	0,0	0,0	
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
7	18,4	17,1	19,2	8,5	5,2	5,2	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	9,0	0,0	0,2	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	5,2	
8	11,9	10,6	9,5	15,9	14,0	7,7	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,1	9,4	8,6	4,6	0,0	0,0	0,0	
9	11,7	10,4	9,4	15,7	13,8	7,6	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,1	8,5	5,9	4,6	4,5	0,0	0,0	
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	86,5	0,0	0,7	11,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	25,8	37,1	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	25,8	37,1	36,5	0,0	0,0	0,0	0,0	
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	23,5	0,0	0,8	41,7	11,9	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,2	0,0	0,5	25,9	28,4	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	17,8	36,8	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0	
19	0,6	14,9	7,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	55,4	0,0	0,8	21,2	
20	0,7	21,2	0,7	23,4	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,8	0,0	0,0	0,0	
21	0,7	21,2	0,7	23,4	6,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	47,8	0,0	0,0	0,0	
22	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
23	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
25	16,5	15,7	17,3	13,0	4,7	4,7	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	4,6	0,1	4,7	
26	11,3	9,3	9,1	16,1	15,0	12,4	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	4,5	4,4	0,0	
27	11,3	9,3	9,1	16,1	15,0	12,4	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	4,5	4,4	0,0	

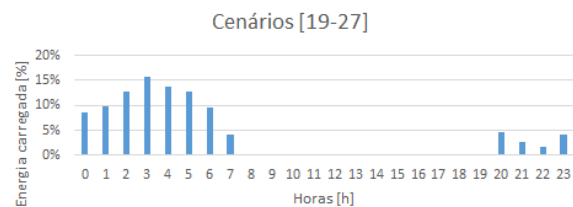
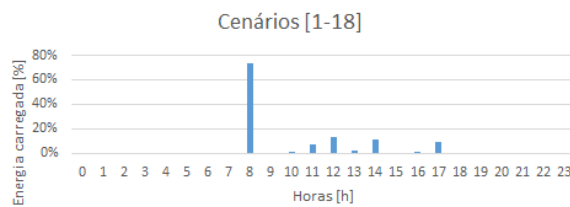
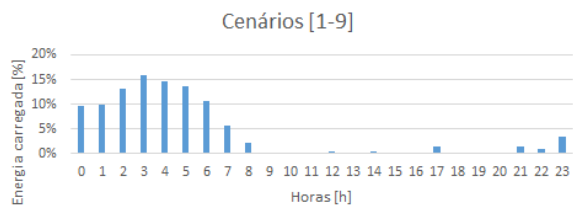
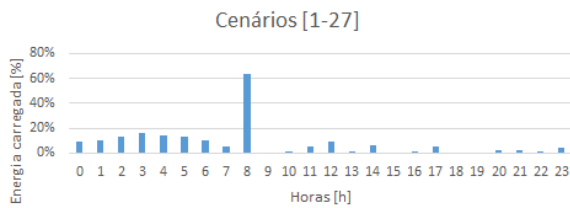
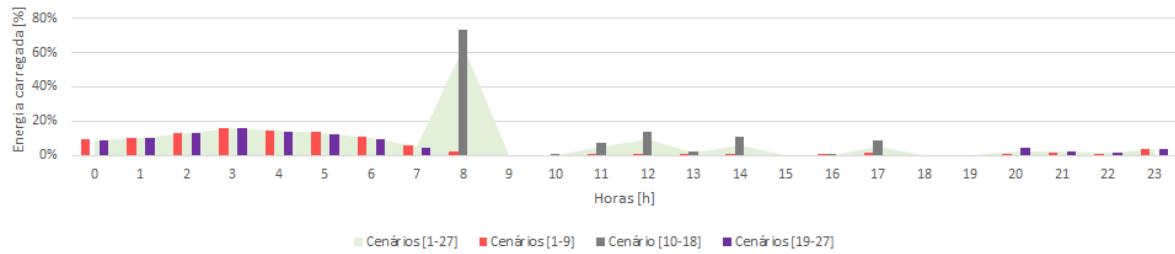
Tabela 25 - Distribuição horária do carregamento percentual semanal nos diversos cenários – Grupo 2 [%]

Cenários	Horas																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0,1	2,8	8,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,9	0,1	6,2	0,2	6,4	26,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	27,6
2	0,8	25,8	1,3	5,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	16,4	0,0	0,1	6,7	15,0	9,2	0,4	16,6	0,0	0,0
3	0,8	25,8	1,3	5,0	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	16,4	0,0	0,1	6,7	15,0	9,2	0,4	16,6	0,0	0,0
4	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,9	0,0	0,0	0,2	7,6	31,6	4,3	1,3	0,0	0,0	0,8	28,3
5	0,8	33,8	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	19,4	0,0	0,0	0,2	6,7	0,1	6,0	24,0	0,0	0,0
6	0,8	33,8	8,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	19,4	0,0	0,0	0,2	6,7	0,1	6,0	24,0	0,0	0,0
7	18,4	17,1	19,2	8,5	5,2	5,2	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	9,0	0,0	0,2	6,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	5,2
8	11,9	10,6	9,5	15,9	14,0	7,7	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,1	9,4	8,6	4,6	0,0	0,0	0,0
9	11,7	10,4	9,4	15,7	13,8	7,6	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	3,1	8,5	5,9	4,6	4,5	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	33,2	0,2	14,2	0,3	10,1	41,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	41,1	0,0	0,3	12,5	28,2	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	41,1	0,0	0,3	12,5	28,2	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,3	0,0	0,0	0,0	33,7	2,6	0,0	0,3	11,5	40,3	5,5	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	42,8	0,7	37,7	0,0	0,0	0,4	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	21,5	0,9	53,8	0,0	0,0	0,5	16,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	23,5	0,0	0,8	41,7	11,9	11,7	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,2	0,0	0,5	25,9	28,4	22,5	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	17,8	36,8	31,6	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,1	2,5	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	59,3	10,4	0,8	25,7
20	0,7	25,0	1,2	4,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,3	20,2	10,1	0,0
21	0,7	25,0	1,2	4,4	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,3	20,2	10,1	0,0
22	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	15,5	1,9	24,8
23	0,7	26,3	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	24,4	11,5	0,0
24	0,7	26,3	6,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	24,4	11,5	0,0
25	16,5	15,7	17,3	13,0	4,7	4,7	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	4,6	0,1	4,7
26	11,3	9,3	9,1	16,1	15,0	12,4	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	4,5	4,4	0,0
27	11,3	9,3	9,1	16,1	15,0	12,4	4,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,6	4,5	4,4	0,0

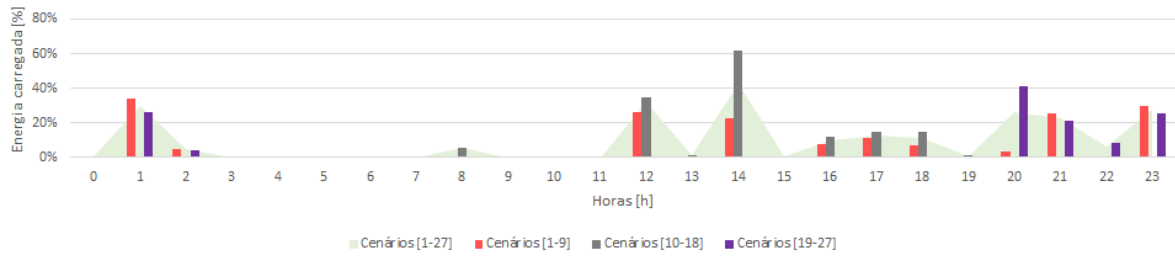
Distribuição horária do carregamento percentual nos dias de semana- Cenários [1-27] - Grupo 1



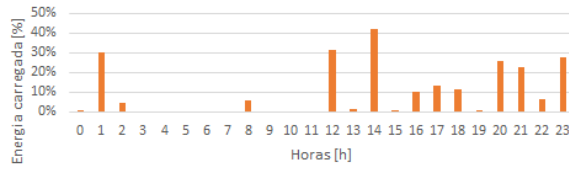
Distribuição horária do carregamento percentual nos dias de fim de semana- Cenários [1-27] - Grupo 1



Distribuição horária do carregamento percentual nos dias de semana- Cenários [1-27] - Grupo 2



Cenários [1-27]



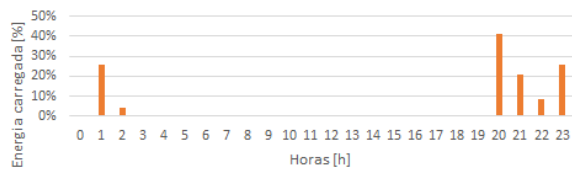
Cenários [1-9]



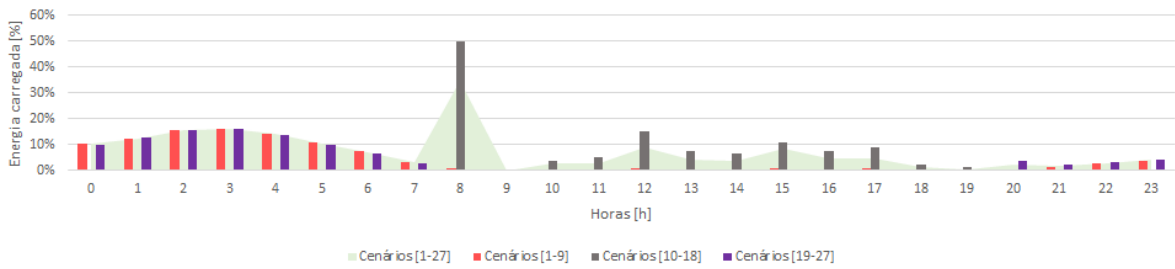
Cenários [10-18]



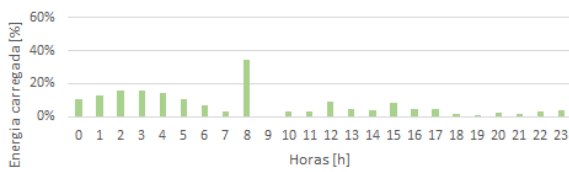
Cenários [19-27]



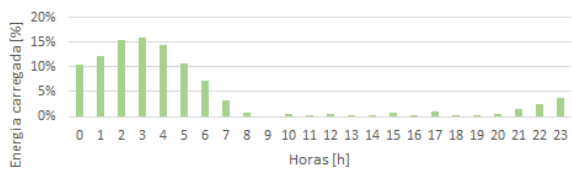
Distribuição horária do carregamento percentual - Cenários [1-27] - Grupo 1



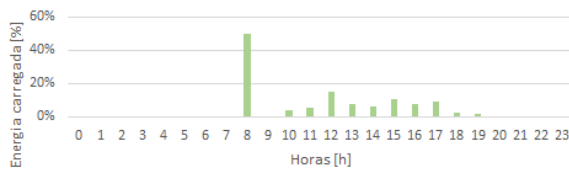
Cenários [1-27]



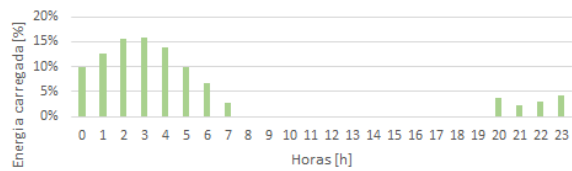
Cenários [1-9]



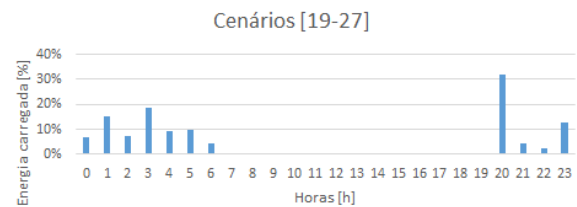
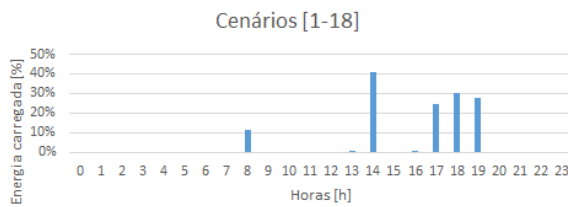
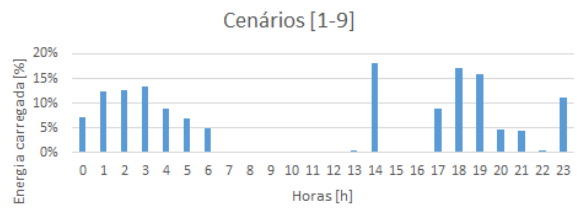
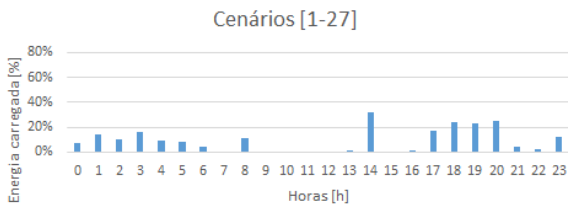
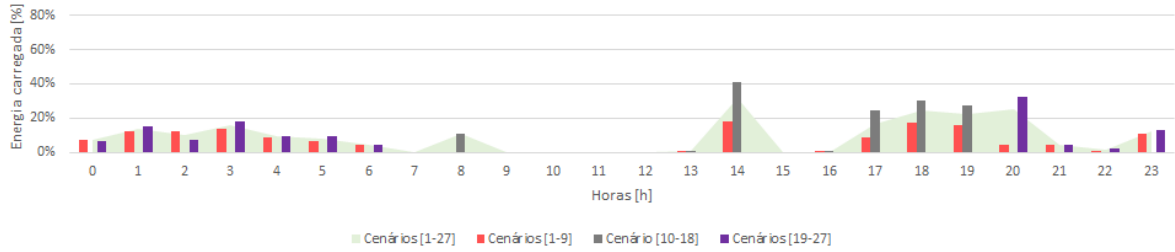
Cenários [10-18]



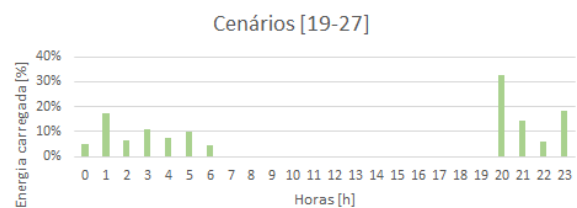
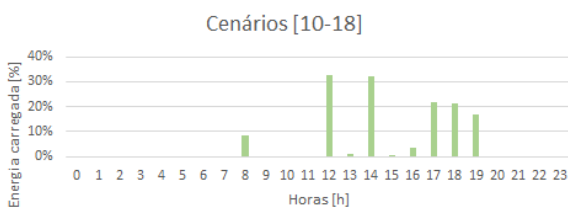
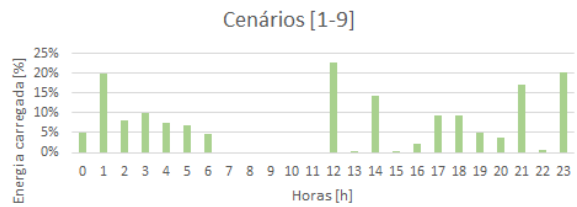
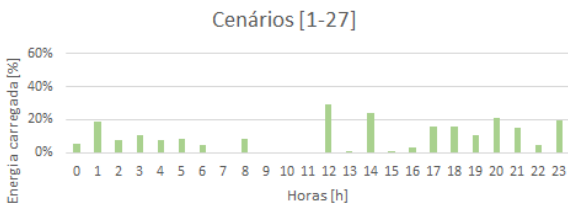
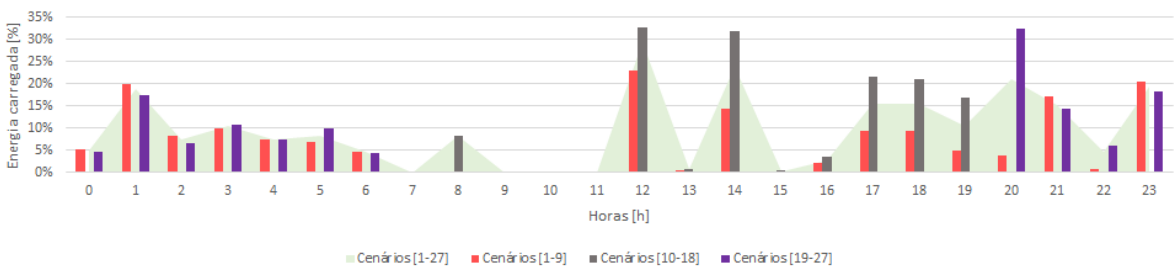
Cenários [19-27]



Distribuição horária do carregamento percentual nos dias de fim de semana- Cenários [1-27] - Grupo 2

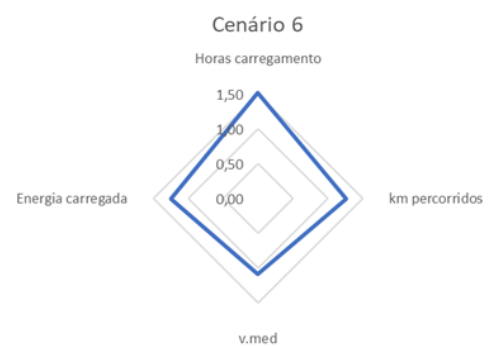
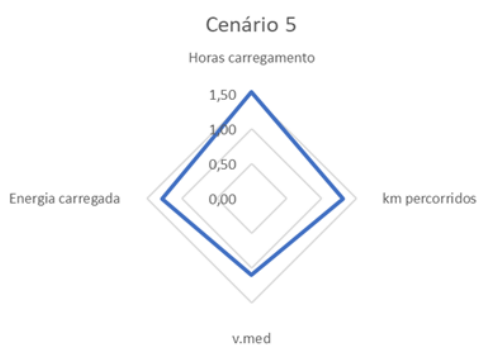
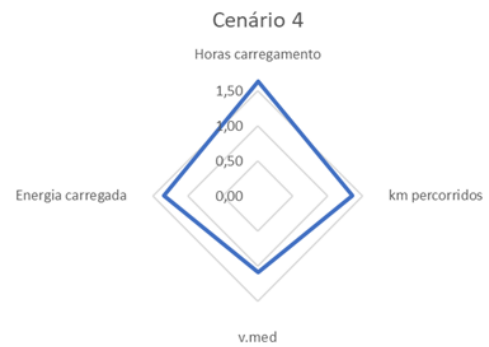
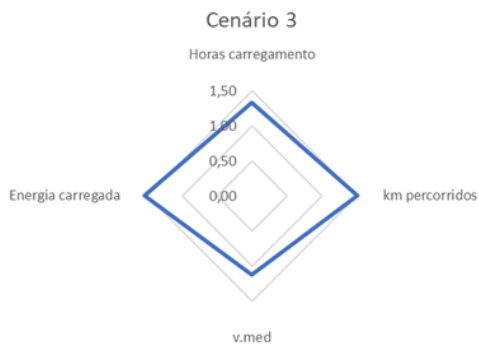
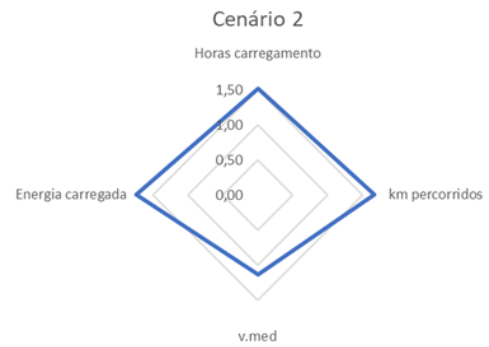
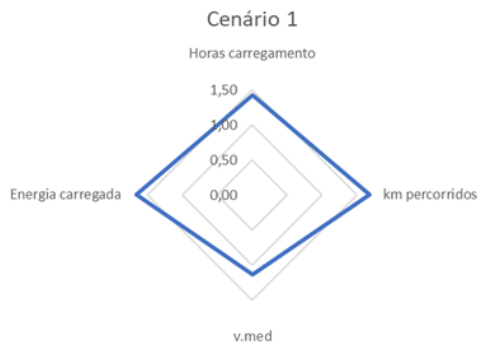


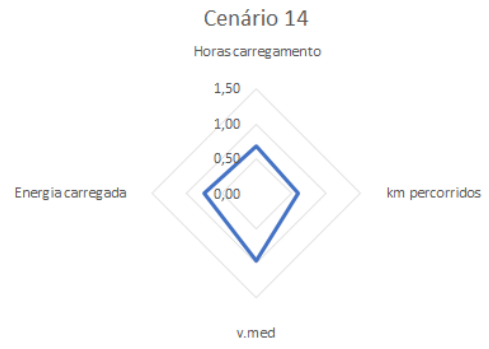
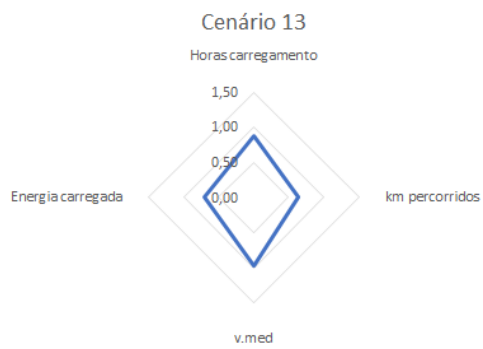
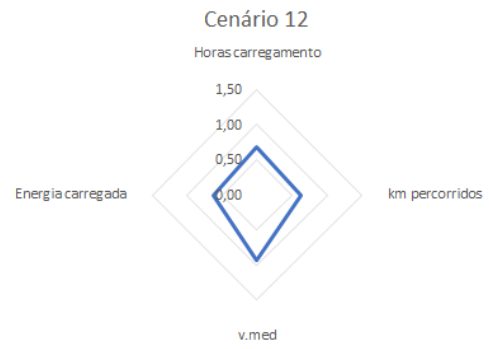
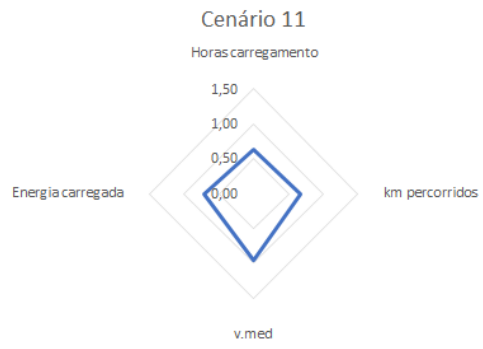
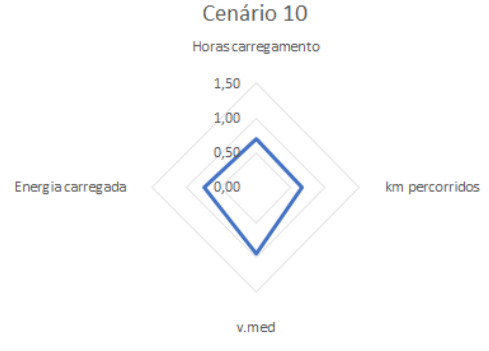
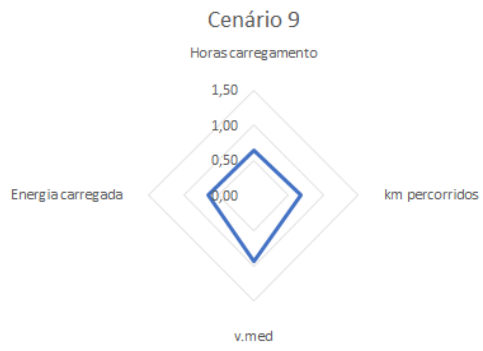
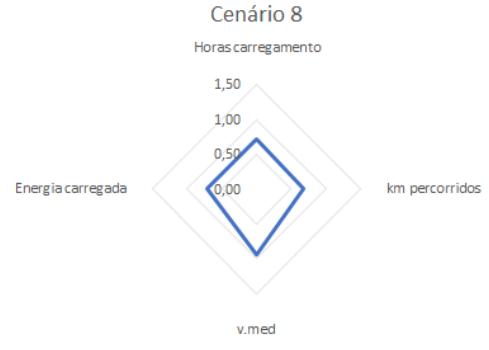
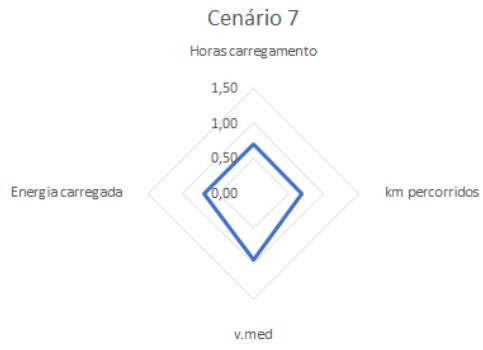
Distribuição horária do carregamento percentual - Cenários [1-27] - Grupo 2

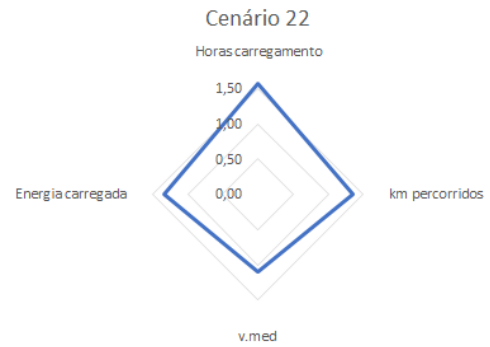
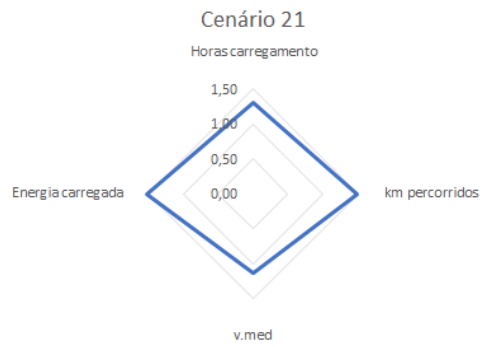
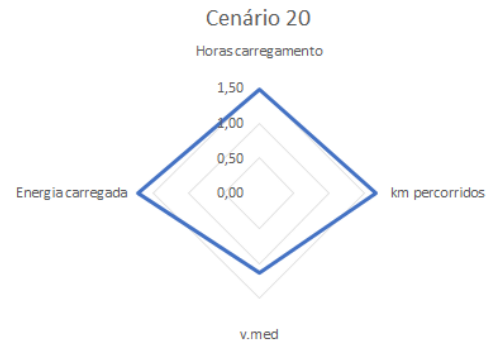
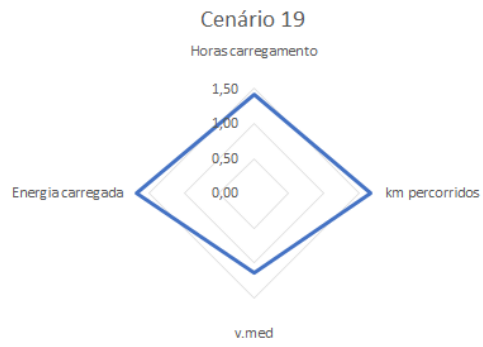
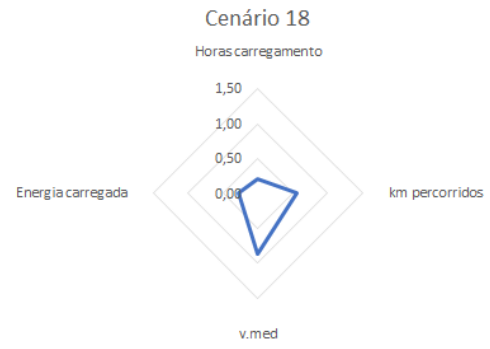
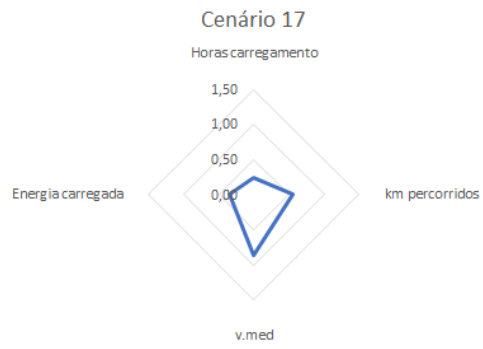
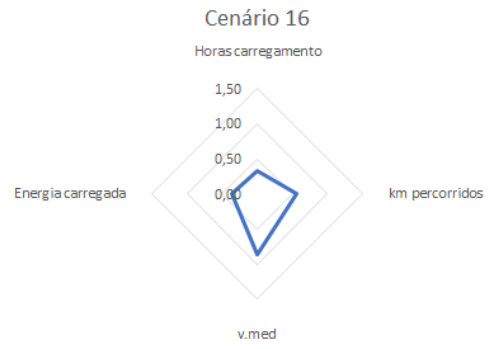
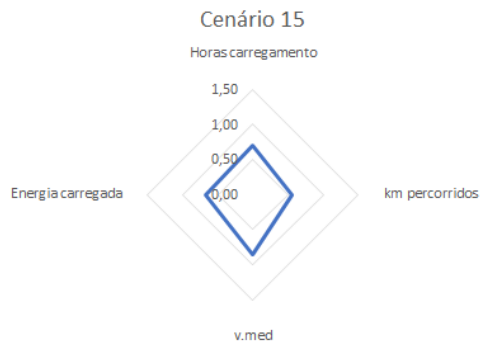


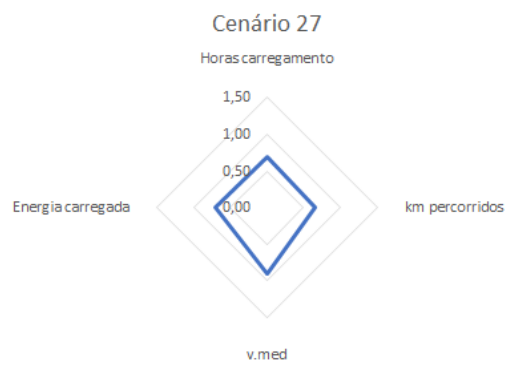
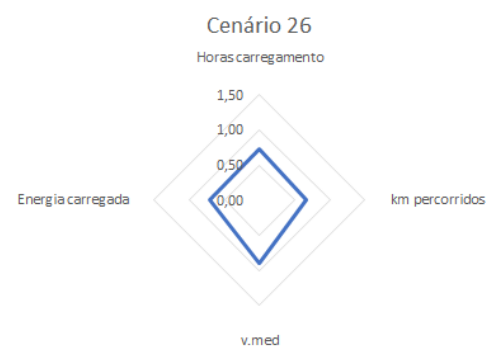
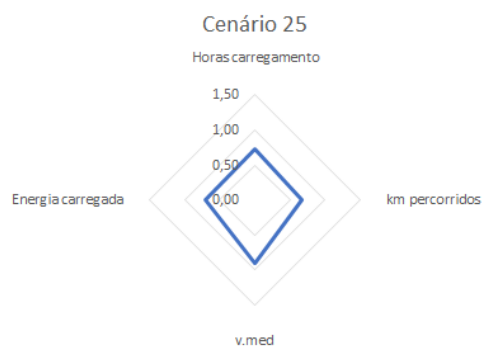
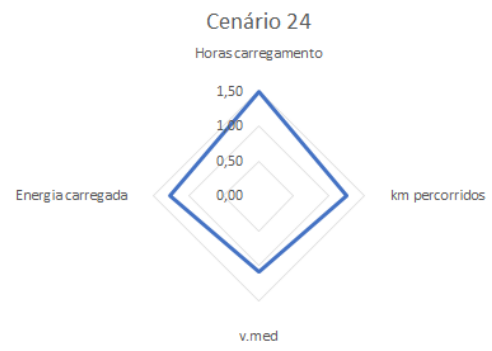
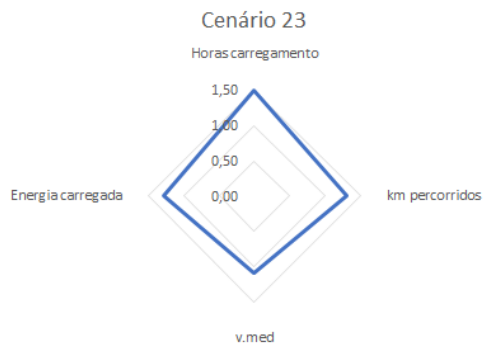
D. Gráficos polares de padrões de mobilidade para os diversos cenários

D.1 Ligeiros de passageiros – Grupo 1

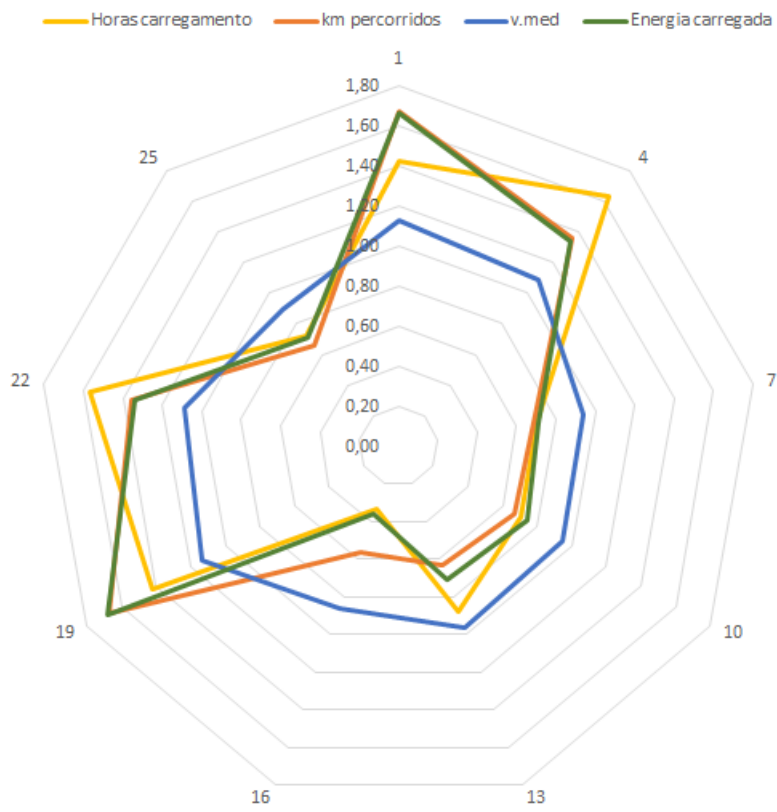




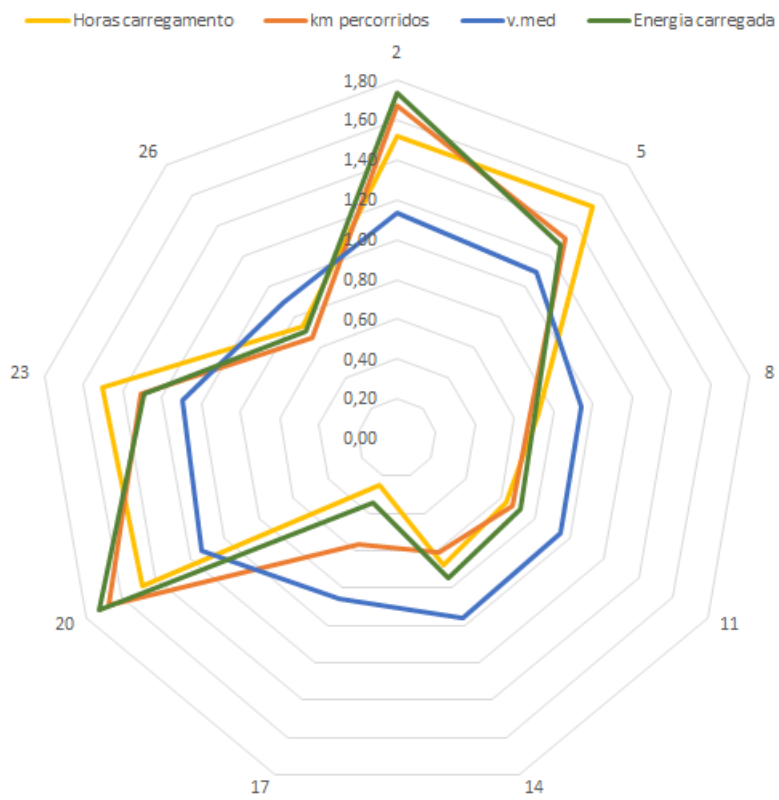




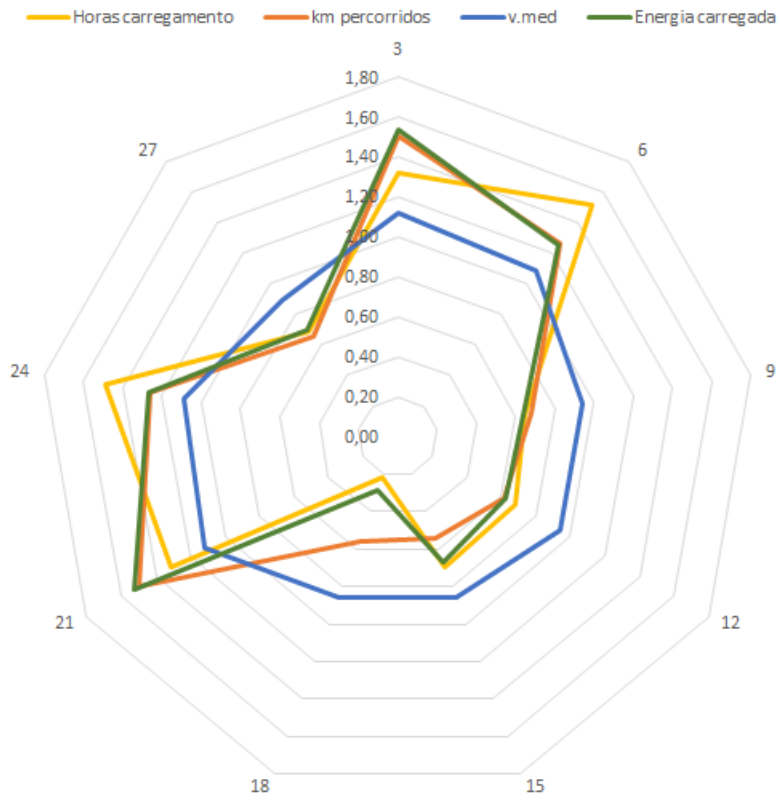
Cenários de carregamento com disponibilidade abaixo de 100%



Cenários de carregamento com disponibilidade abaixo dos 60%

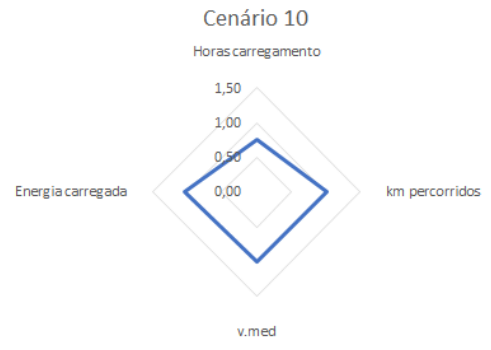
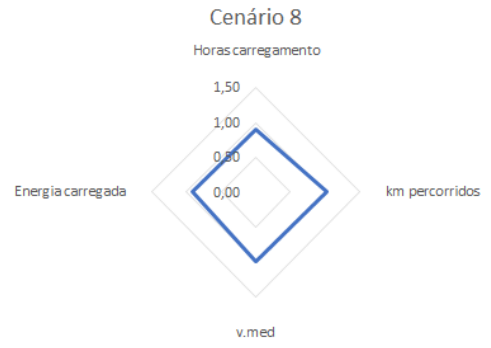
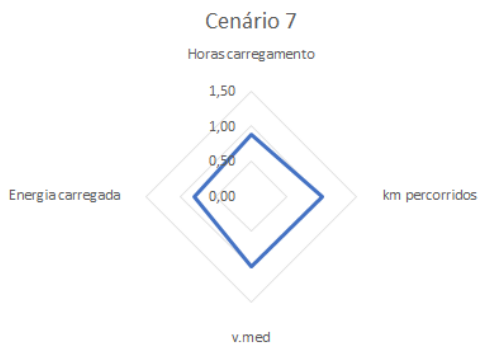
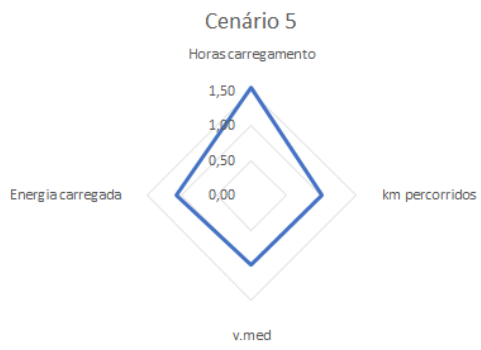
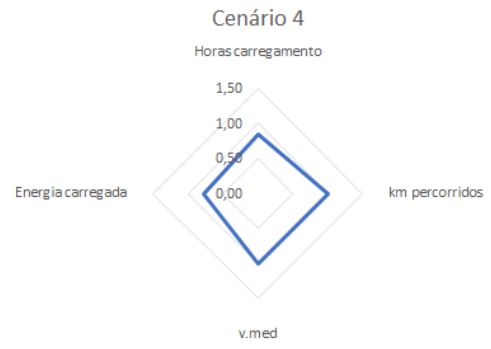
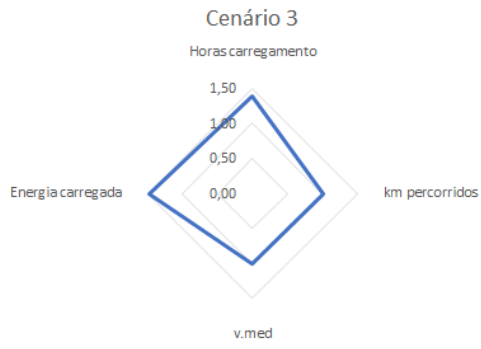


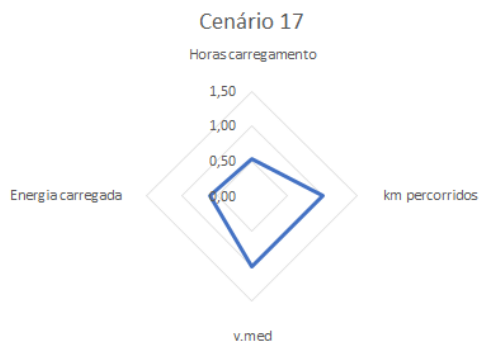
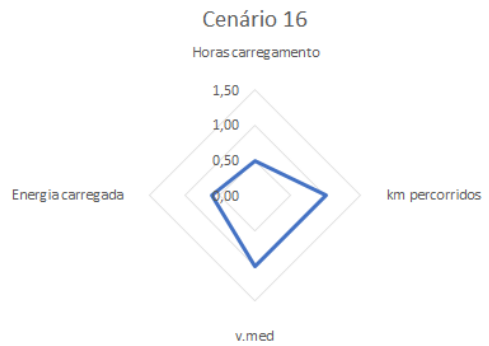
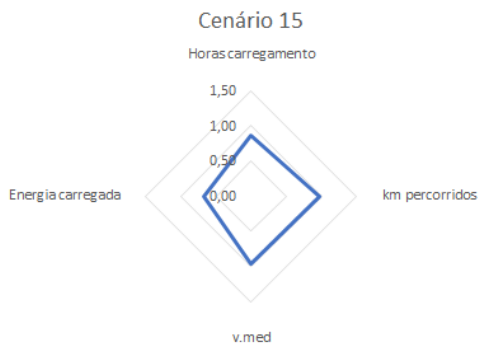
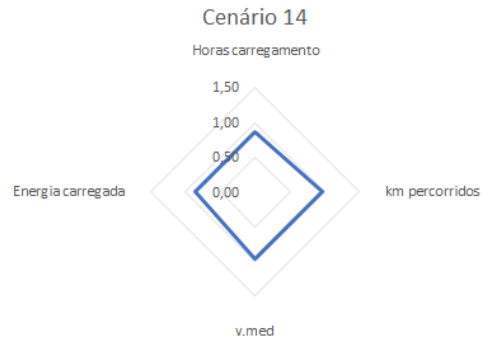
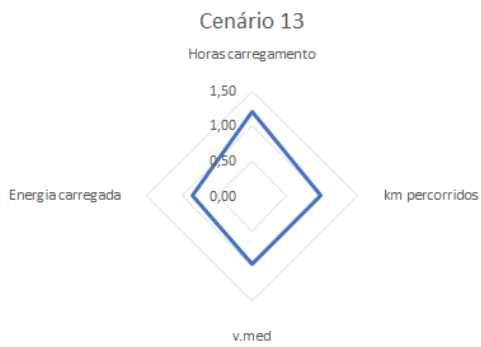
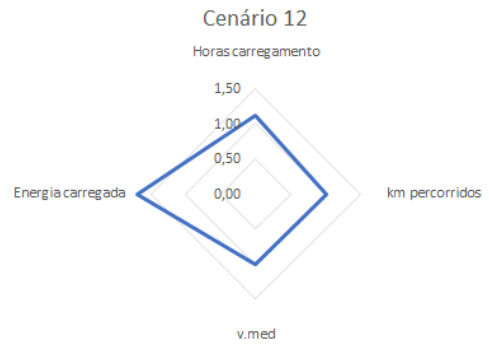
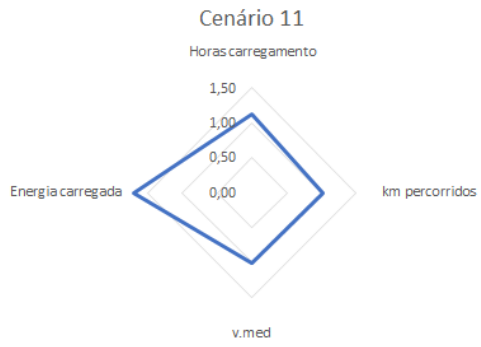
Cenários de carregamento com disponibilidade abaixo de 30%

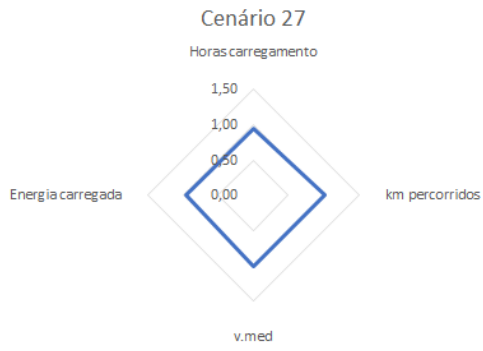


D.2 Ligeiros comerciais – Grupo 2



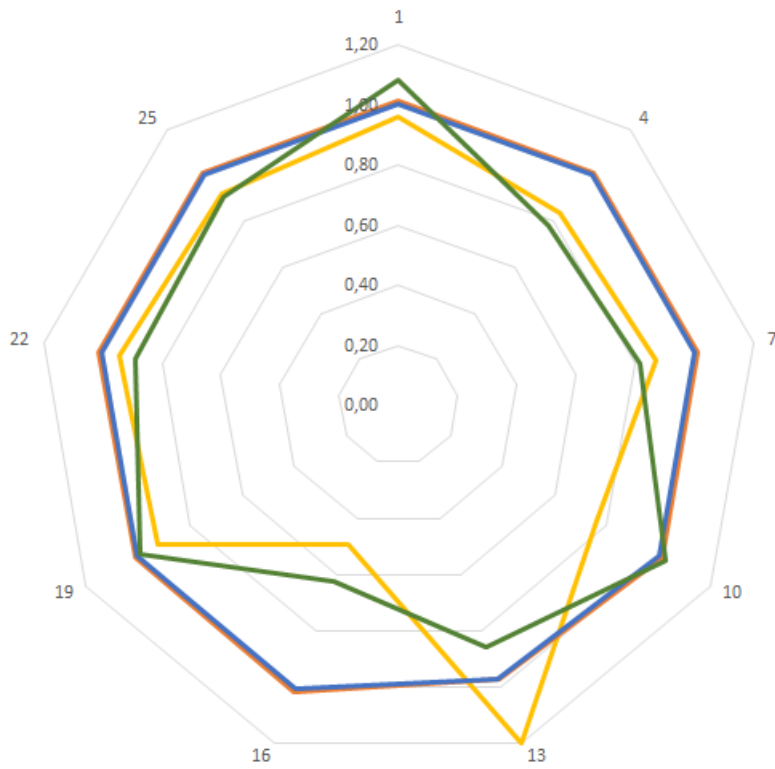




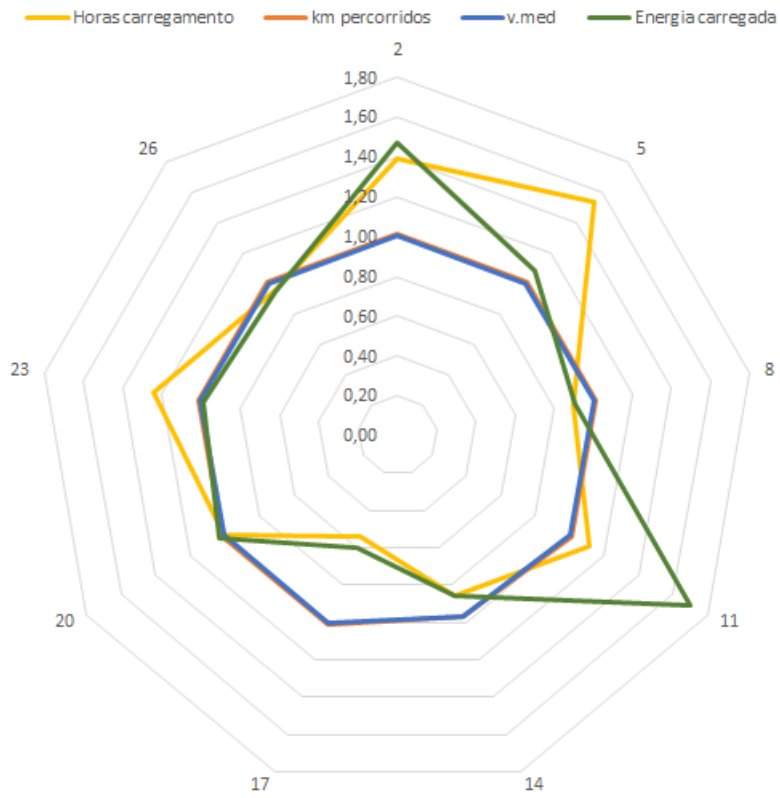


Cenários de carregamento com disponibilidade abaixo de 100%

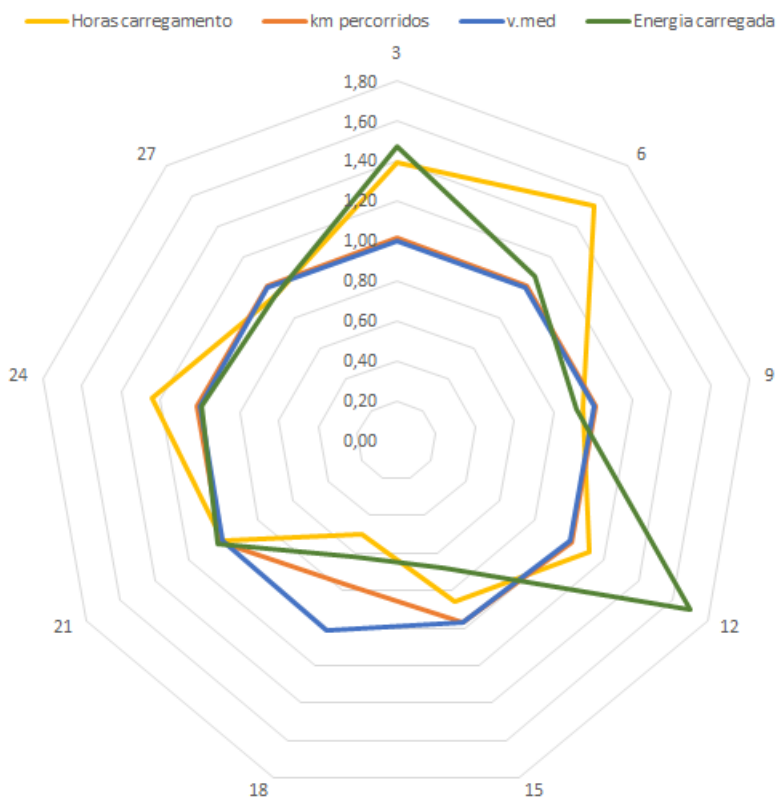
— Horas carregamento — km percorridos — v.med — Energia carregada



Cenários de carregamento com disponibilidade abaixo dos 60%



Cenários de carregamento com disponibilidade abaixo de 30%



E. Resumo de dados de análise por cenário

Tabela 26 - Resumo de dados de análise por cenário (Grupo 1)

cenário [nº]	Elegíveis [%]	V.med [km/h]	Consumo [kWh]	km percorridos			Horas de carregamento			Energia Carregada		
				semana [km]	fim de semana [km]	Total semana [km]	semana [h]	Fim de semana [h]	Total [h]	semana [kWh]	Fim de semana [kWh]	Total [kWh]
1	83,67	29,12	36,03	19,02	18,74	132,58	3,42	2,89	22,60	5,24	4,47	35,12
2	83,67	29,12	36,03	19,02	18,74	132,58	3,57	3,24	23,60	5,36	4,97	36,73
3	73,47	28,80	31,98	17,41	16,18	119,42	3,12	2,81	20,49	4,75	4,34	32,44
4	59,18	28,00	27,89	16,01	13,71	107,46	5,23	0	26,17	5,66	0	28,28
5	55,10	28,16	26,98	15,67	12,78	103,90	4,89	0	24,47	5,39	0	26,94
6	53,06	27,91	26,10	14,92	12,73	100,04	4,87	0	24,35	5,29	0	26,47
7	24,49	24,21	14,95	7,07	9,36	54,08	0	5,61	10,28	0	7,45	14,91
8	24,49	24,21	14,95	7,07	9,36	54,08	0	5,76	10,56	0	7,42	14,85
9	24,49	24,21	14,95	7,07	9,36	54,08	0	5,19	10,39	0	6,77	13,55
10	20,41	24,43	14,73	6,73	9,77	53,17	1,81	1,14	7,26	2,56	1,44	15,69
11	20,41	24,43	14,73	6,73	9,77	53,17	1,65	0,99	5,73	2,44	1,45	15,09
12	18,37	24,14	13,27	6,48	8,35	49,08	1,78	0,99	5,82	2,06	1,45	13,17
13	14,29	24,80	13,66	6,41	9,10	50,25	2,81	0	12,04	2,98	0	14,89
14	12,24	24,58	13,49	6,29	8,35	48,15	2,18	0	9,10	3,13	0	15,67
15	10,20	21,99	12,09	5,87	6,90	43,17	2,23	0	8,93	2,83	0	14,14
16	14,29	22,06	11,76	6,13	6,96	44,55	0	2,65	2,27	0	3,81	7,62
17	14,29	22,06	11,76	6,13	6,96	44,55	0	1,98	1,70	0	3,63	7,26
18	14,29	22,06	11,76	6,13	6,96	44,55	0	1,74	1,99	0	3,00	6,00
19	83,67	29,12	36,03	19,02	18,74	132,58	3,40	2,90	22,65	5,27	4,55	35,43
20	83,67	29,12	36,03	19,02	18,74	132,58	3,49	3,16	23,78	5,32	4,91	36,41
21	71,43	28,85	31,52	17,41	15,90	118,85	3,08	2,84	20,90	4,68	4,42	32,24
22	59,18	28,00	27,89	16,01	13,71	107,46	5,02	0	25,11	5,65	0	28,25
23	55,10	28,16	26,98	15,67	12,78	103,90	4,83	0	24,13	5,44	0	27,20
24	53,06	27,91	26,10	14,92	12,73	100,04	4,78	0	23,91	5,35	0	26,73
25	22,45	22,99	14,45	6,95	8,79	52,35	0	5,81	11,61	0	7,44	14,88
26	22,45	22,99	14,45	6,95	8,79	52,35	0	5,90	11,80	0	7,48	14,97
27	22,45	22,99	14,45	6,95	8,79	52,35	0	5,55	11,10	0	7,40	14,81

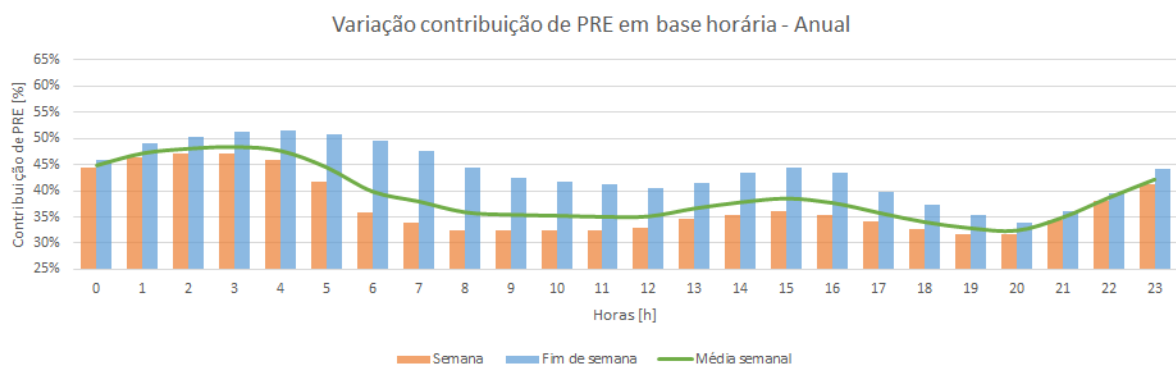
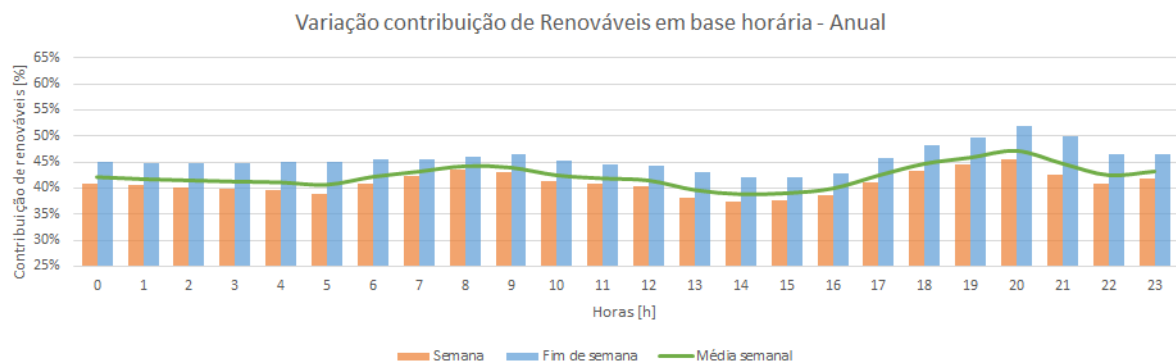
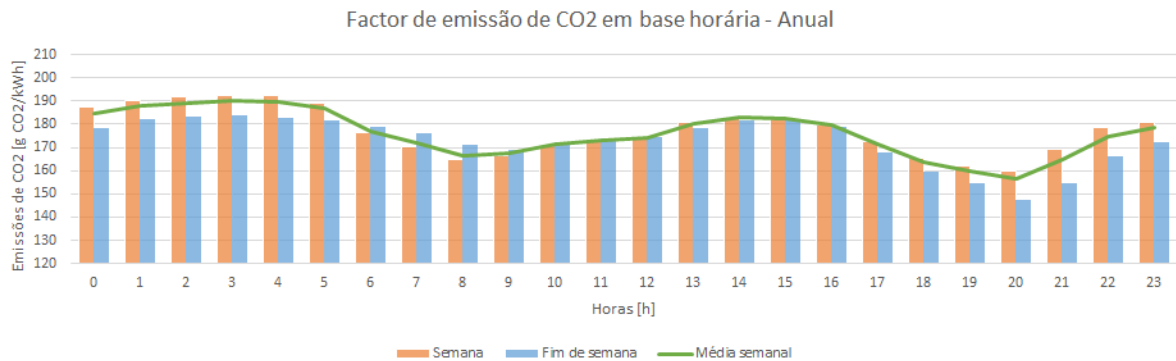
Tabela 27 - Resumo de dados de análise por cenário (Grupo 2)

cenário [nº]	Elegíveis [%]	V.med [km/h]	Consumo [kWh]	km percorridos			Horas de carregamento			Energia Carregada		
				semana [km]	fim de semana [km]	Total semana [km]	semana [h]	Fim de semana [h]	Total [h]	semana [kWh]	Fim de semana [kWh]	Total [kWh]
1	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0,76	1,03	4,97	1,06	1,36	8,04
2	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	1,25	1,11	5,15	1,48	1,75	10,92
3	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	1,25	1,11	5,15	1,48	1,75	10,92
4	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	1,02	0	5,11	1,15	0	5,76
5	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	1,87	0	6,68	1,60	0	8,00
6	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	1,87	0	6,68	1,60	0	8,00
7	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0	2,65	5,30	0	3,02	6,03
8	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0	2,73	5,46	0	3,35	6,70
9	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0	2,87	5,75	0	3,40	6,79
10	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0,67	0,64	2,76	1,02	1,25	7,62
11	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0,76	1,50	1,94	1,33	2,97	12,58
12	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0,76	1,50	1,94	1,33	2,97	12,58
13	71,43%	17,79	7,32	6,13	2,80	36,26	1,46	0	7,28	1,27	0	6,33
14	71,43%	17,79	7,32	6,13	2,80	36,26	1,04	0	4,17	1,26	0	6,32
15	71,43%	17,79	7,32	6,13	2,80	36,26	1,04	0	4,17	1,00	0	5,02
16	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0	1,50	1,71	0	2,30	4,60
17	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0	1,65	1,88	0	2,22	4,44
18	85,71%	18,62	6,05	4,25	3,68	28,59	0	1,53	1,53	0	2,28	4,56
19	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0,88	0,61	5,63	1,23	0,62	7,37
20	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0,97	0,64	6,10	1,24	0,72	7,65
21	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0,97	0,64	6,10	1,24	0,72	7,65
22	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	1,15	0	5,73	1,32	0	6,58
23	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	1,51	0	7,55	1,47	0	7,34
24	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	1,51	0	7,55	1,47	0	7,34
25	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0	2,79	5,58	0	3,36	6,73
26	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0	2,89	5,79	0	3,52	7,03
27	100%	18,40	7,47	6,10	3,67	37,82	0	2,89	5,79	0	3,52	7,03

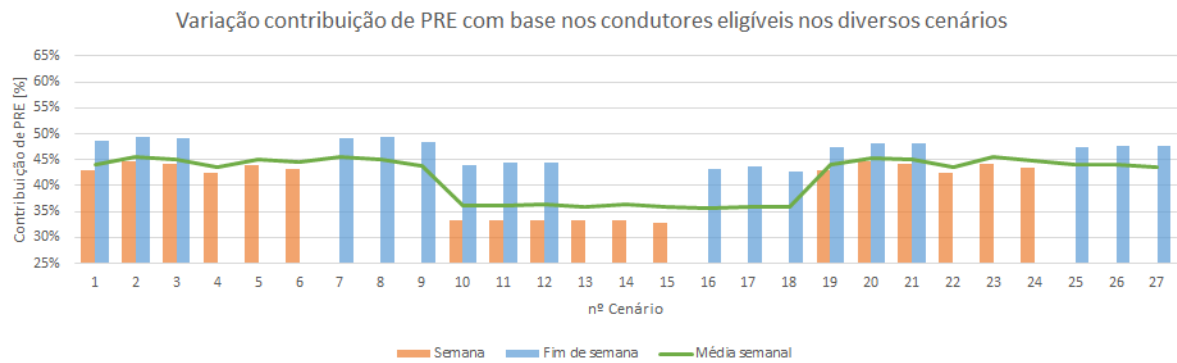
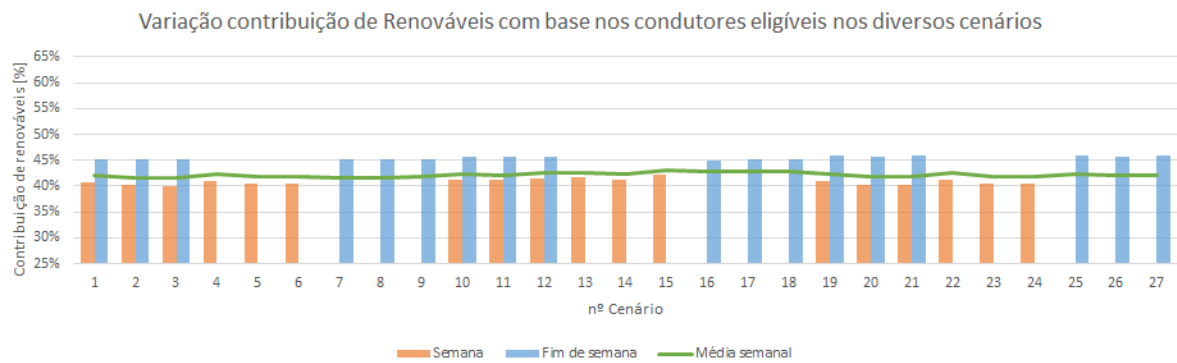
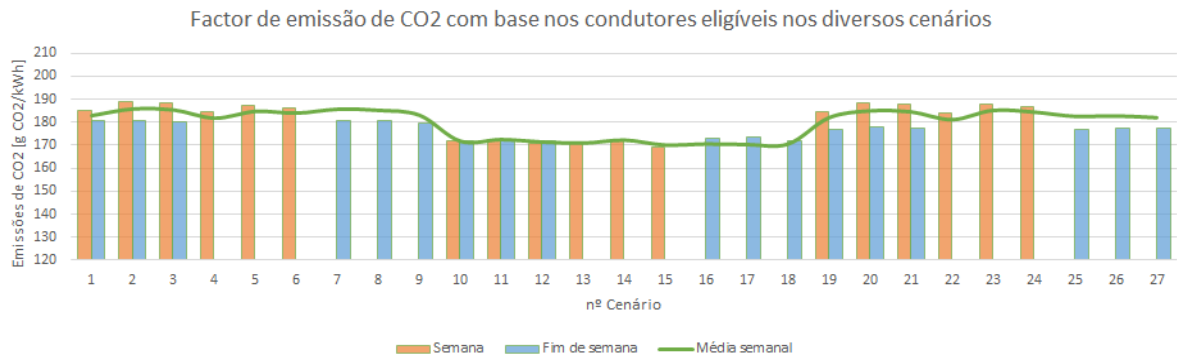
F. Factores de emissão de CO₂, penetração de energias renováveis e produção em regime especial (PRE)

F.1 Período de análise anual

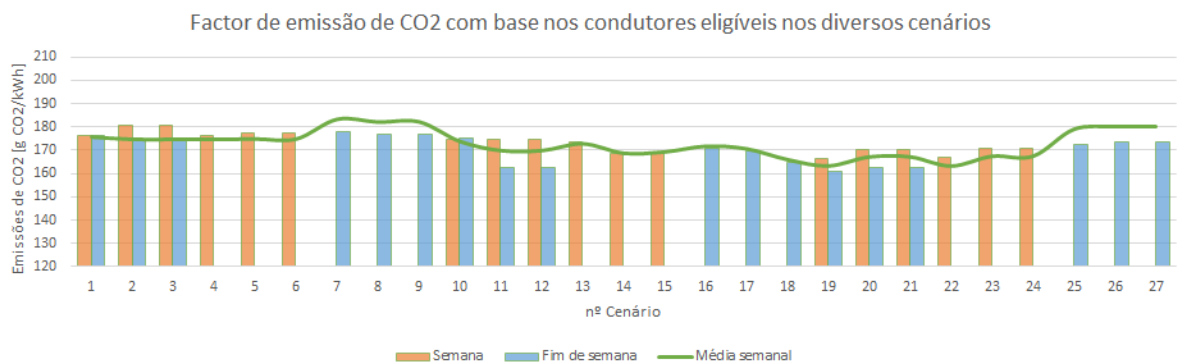
F.1.1 Período de análise anual - Rede

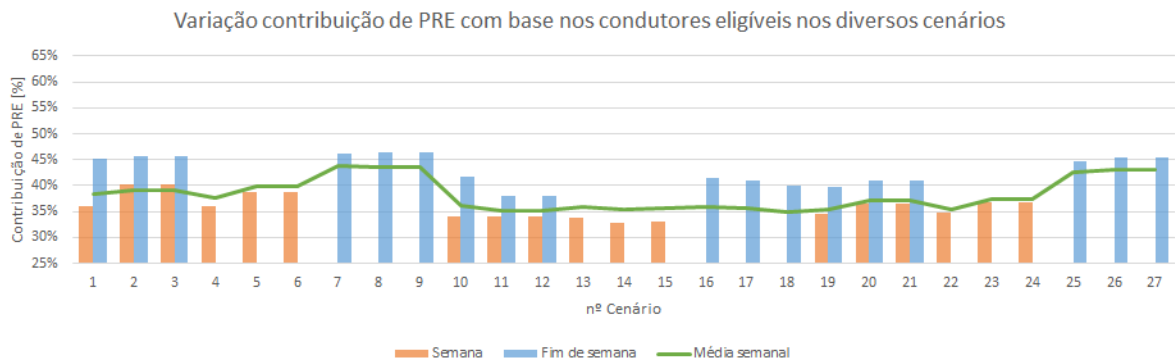
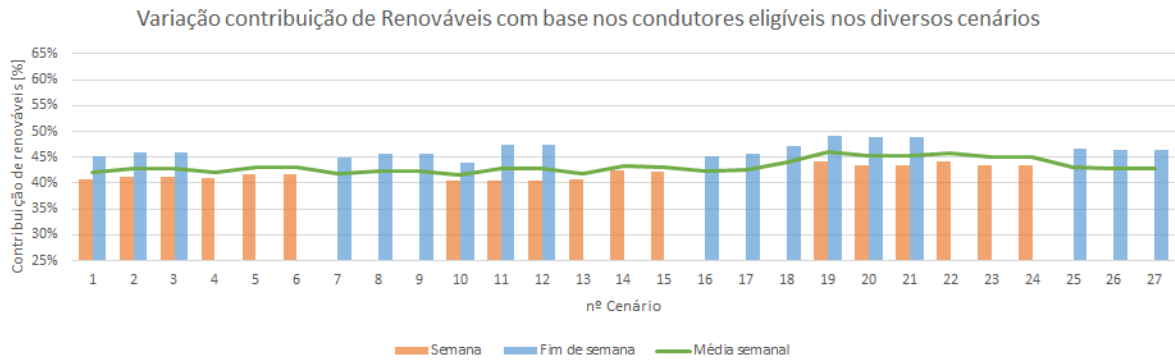


F.1.2 Período de análise anual – Grupo 1



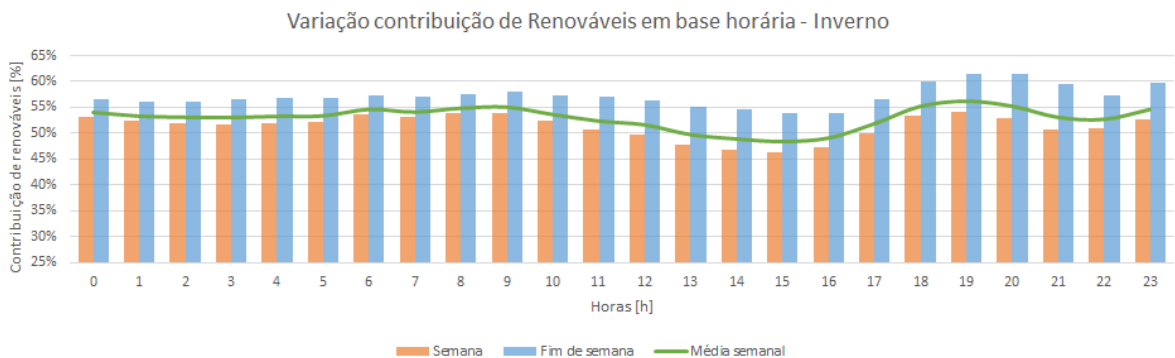
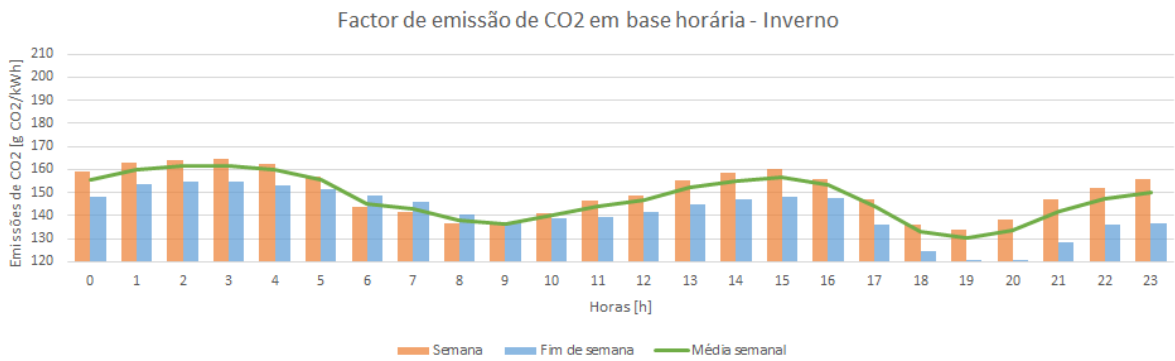
F1.3 Período anual de análise – Grupo 2

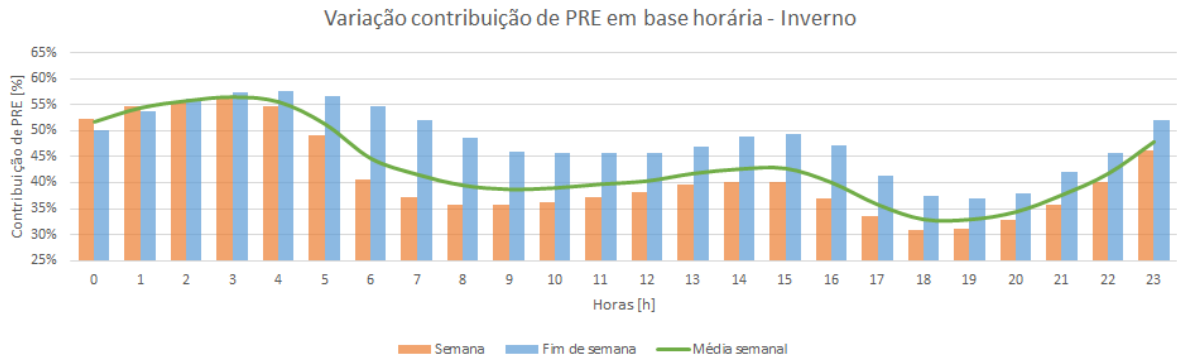




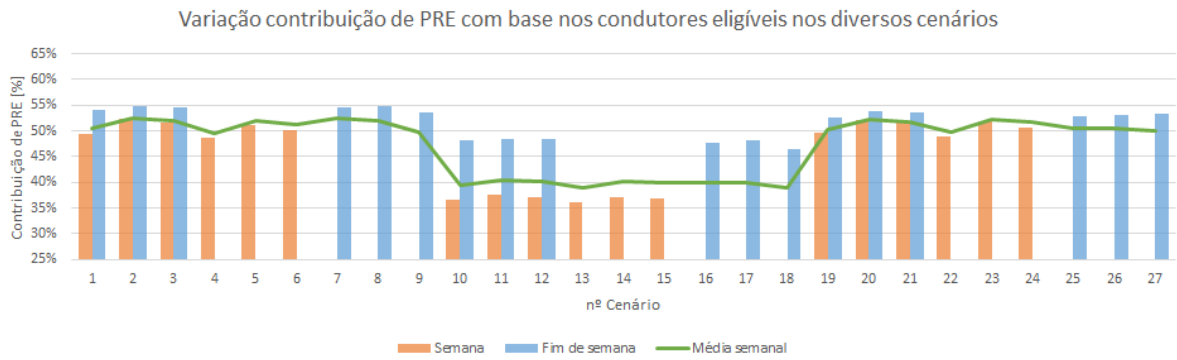
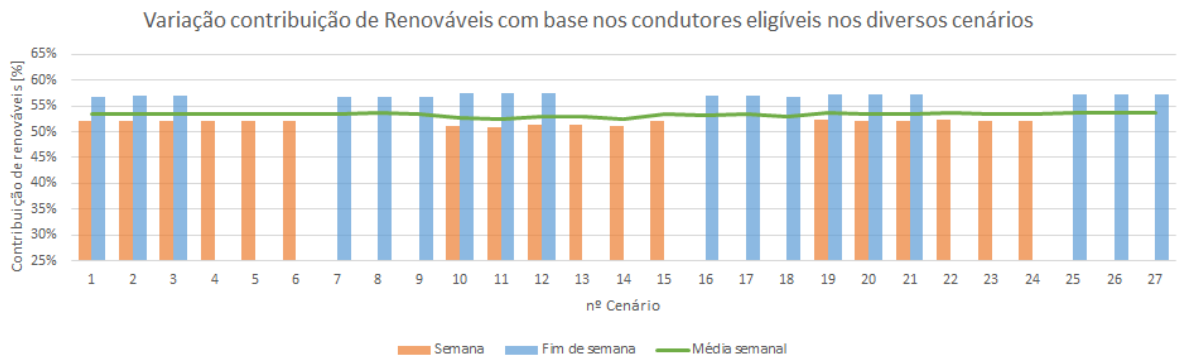
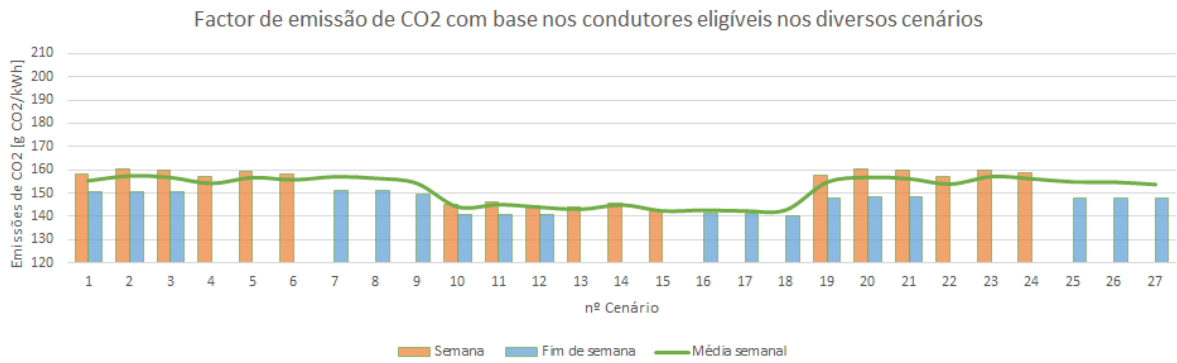
F.2 Período de análise sazonal – Inverno

F.2.1 Período de análise sazonal de Inverno – Rede

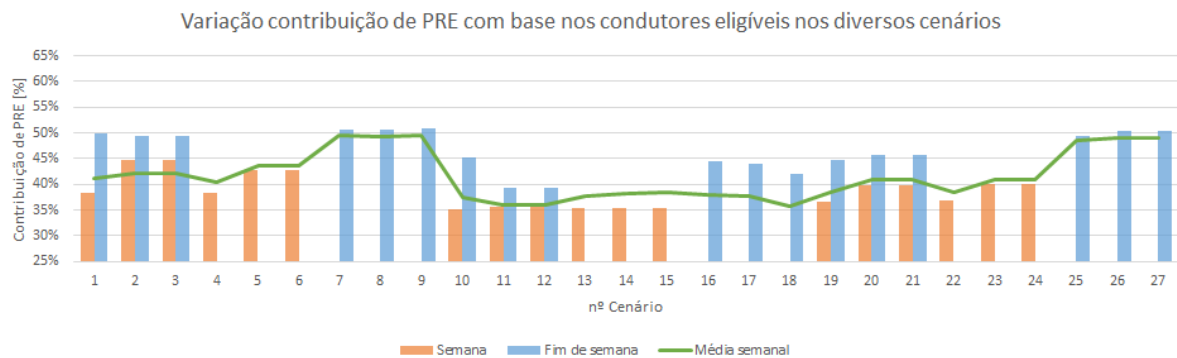
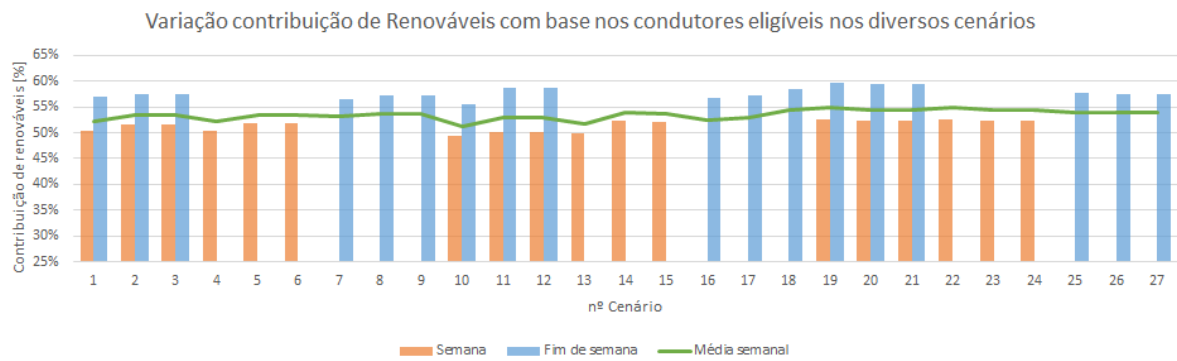
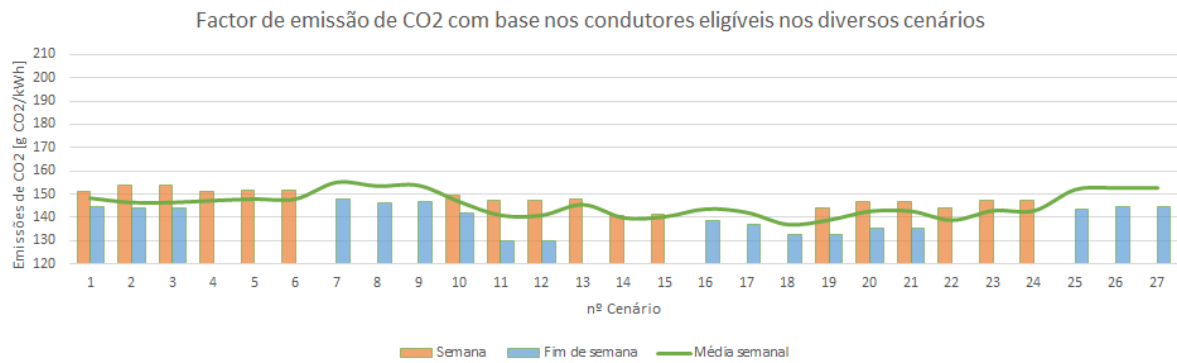




F.2.2 Período de análise sazonal de Inverno – Grupo 1

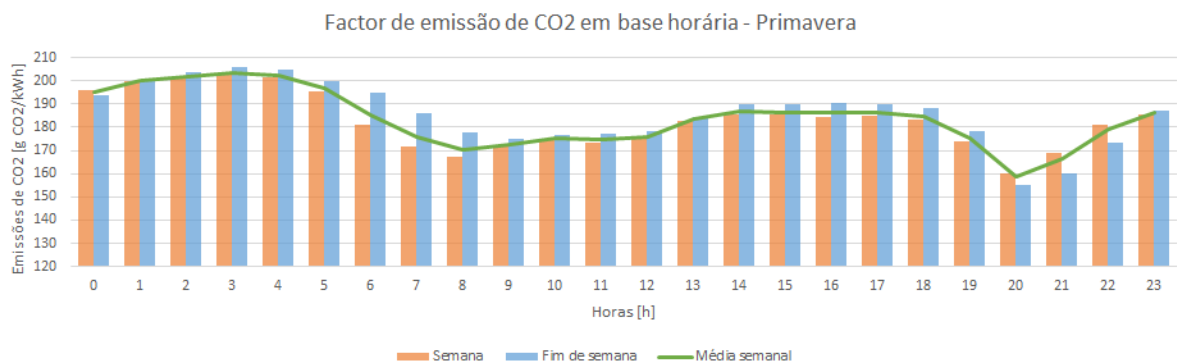


F.2.3 Período de análise sazonal de Inverno – Grupo 2

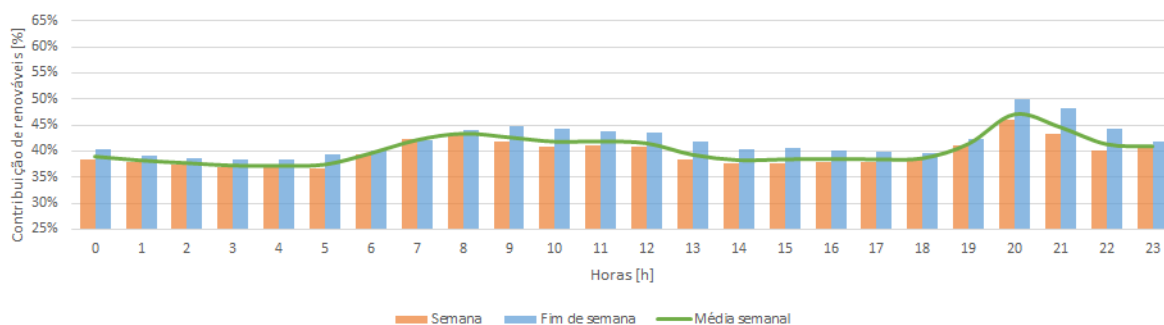


F.3 Período de análise sazonal – Primavera

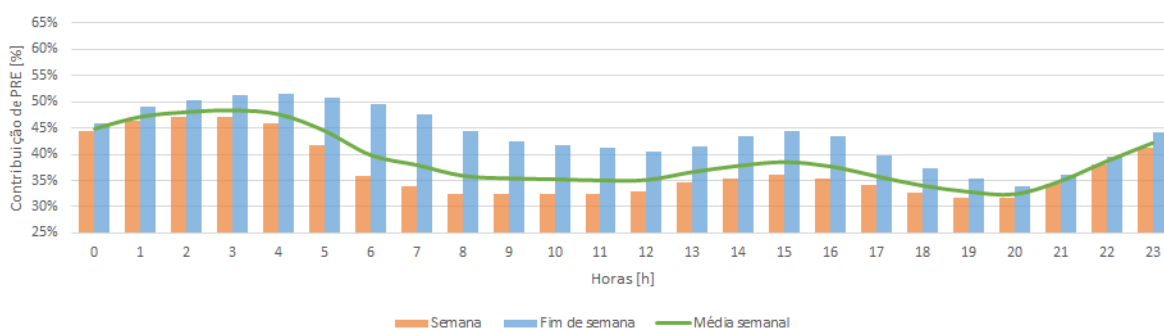
F.3.1 Período de análise sazonal de Primavera – Rede



Varição contribuição de Renováveis em base horária - Primavera

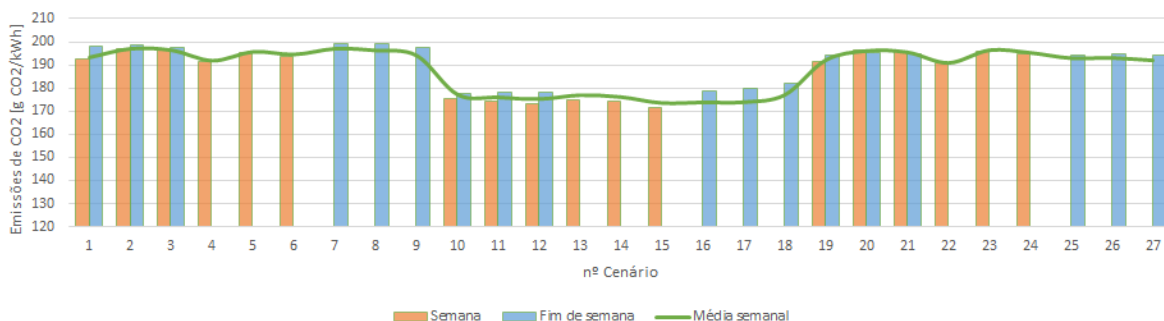


Varição contribuição de PRE em base horária - Primavera

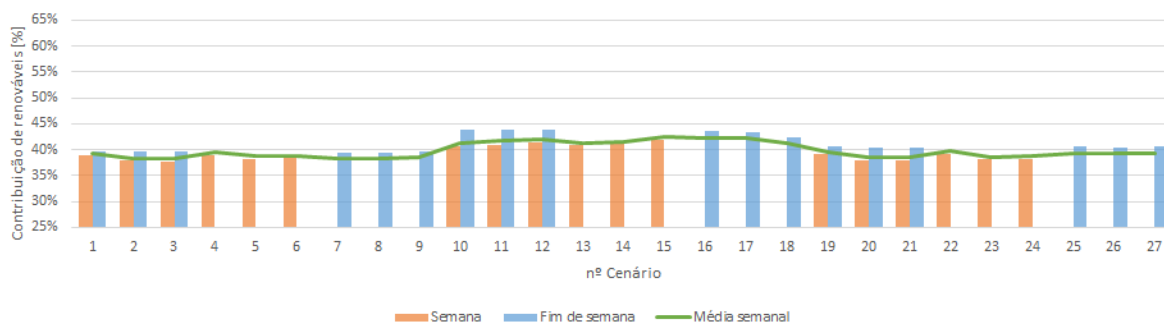


F.3.2 Período de análise sazonal de Primavera – Grupo 1

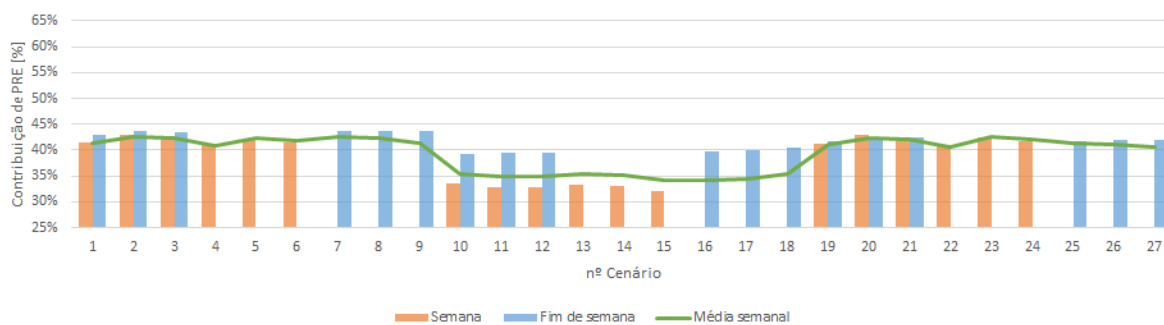
Factor de emissão de CO2 com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários



Varição contribuição de Renováveis com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários

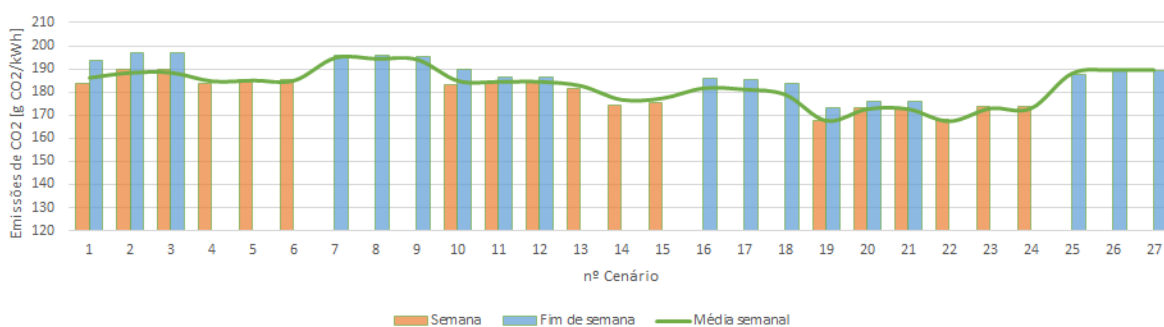


Variação contribuição de PRE com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários

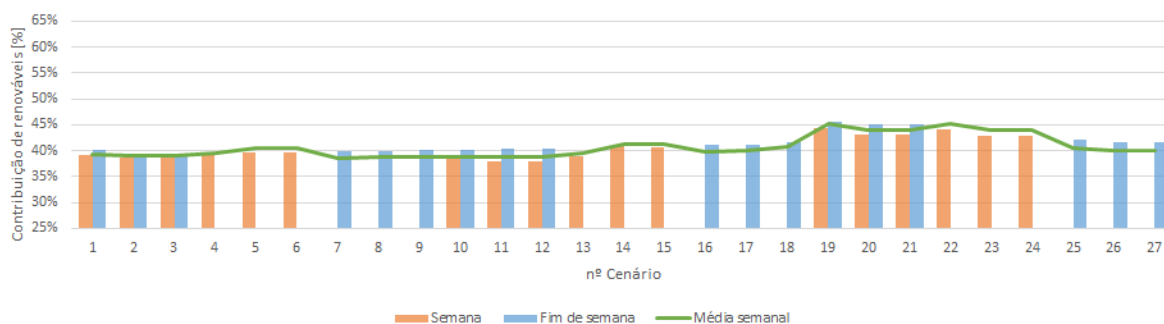


F.3.3 Período de análise sazonal de Primavera – Grupo 2

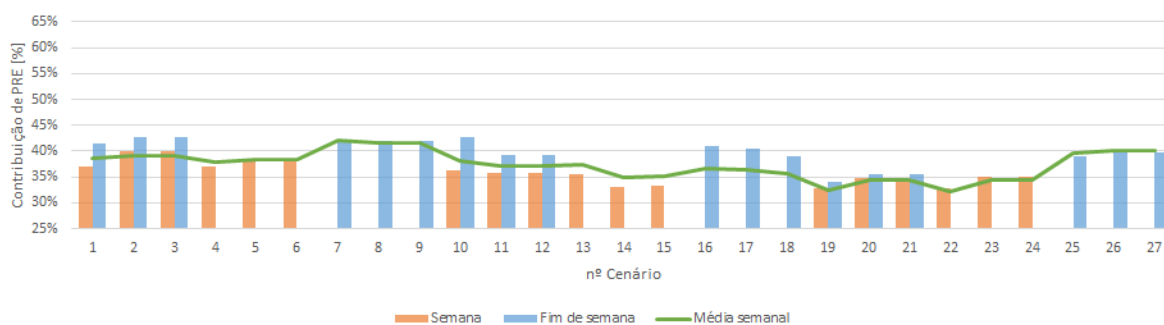
Factor de emissão de CO2 com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários



Variação contribuição de Renováveis com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários

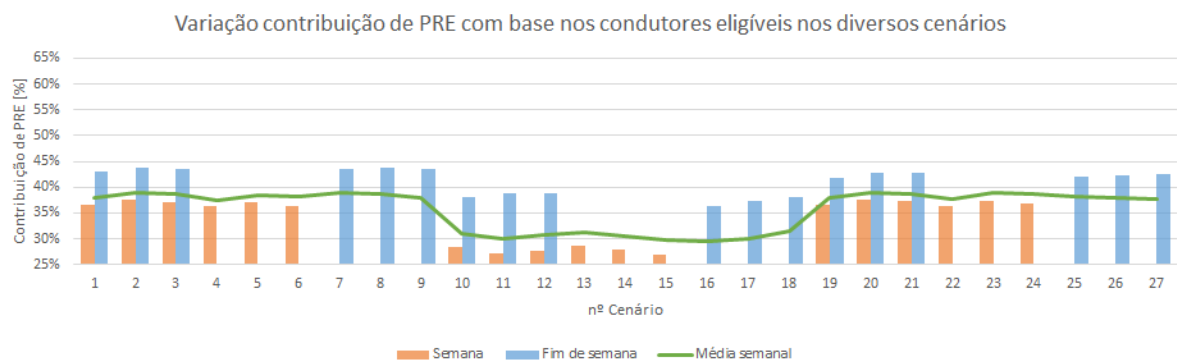
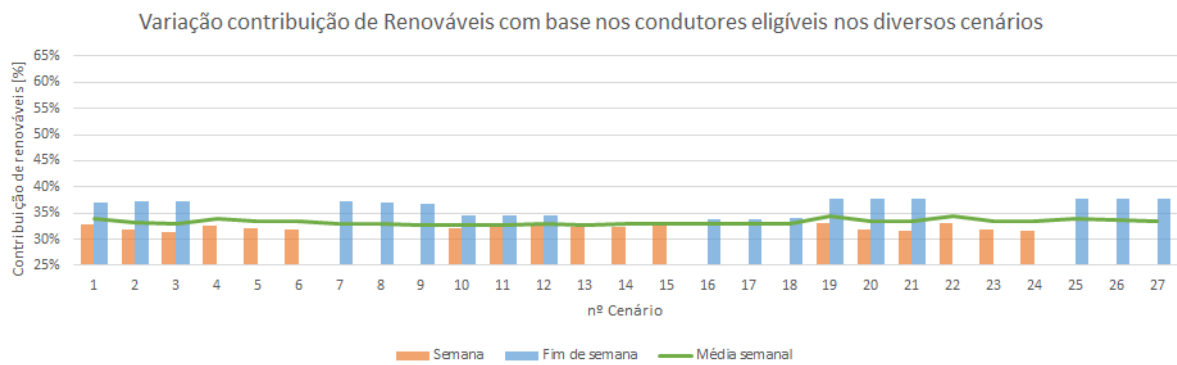
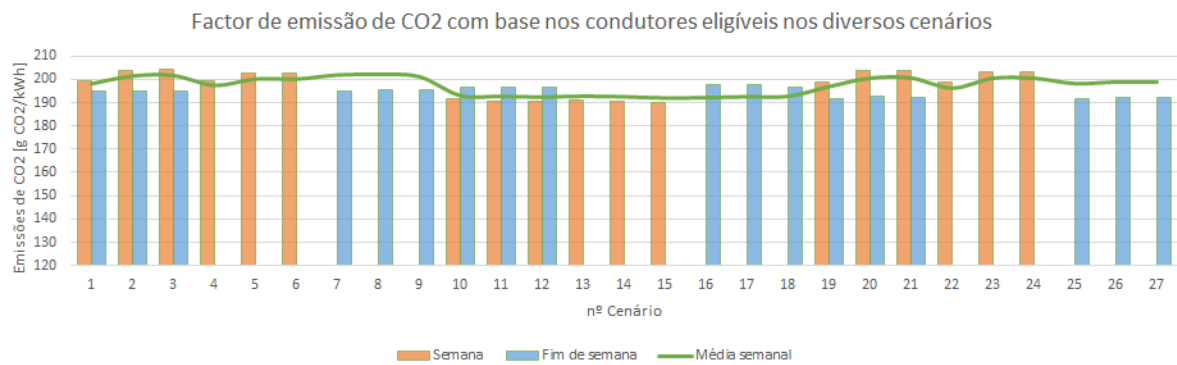


Variação contribuição de PRE com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários

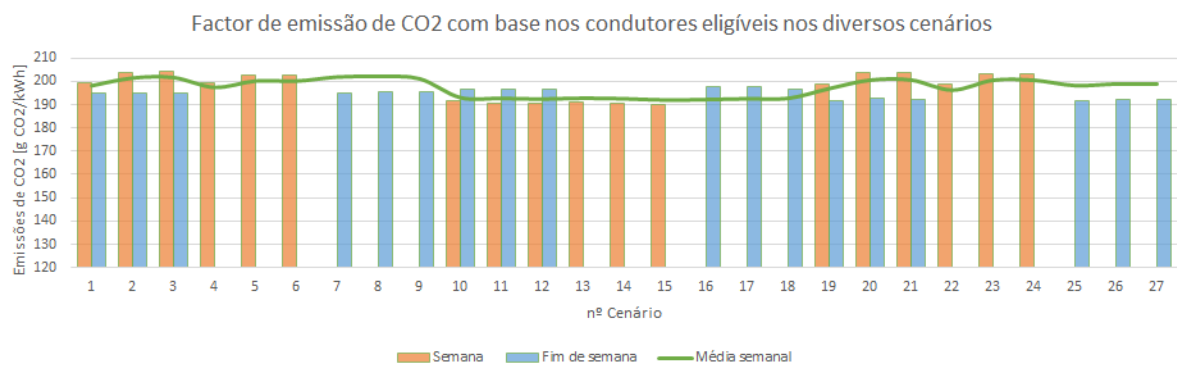


F.4 Período de análise sazonal – Verão

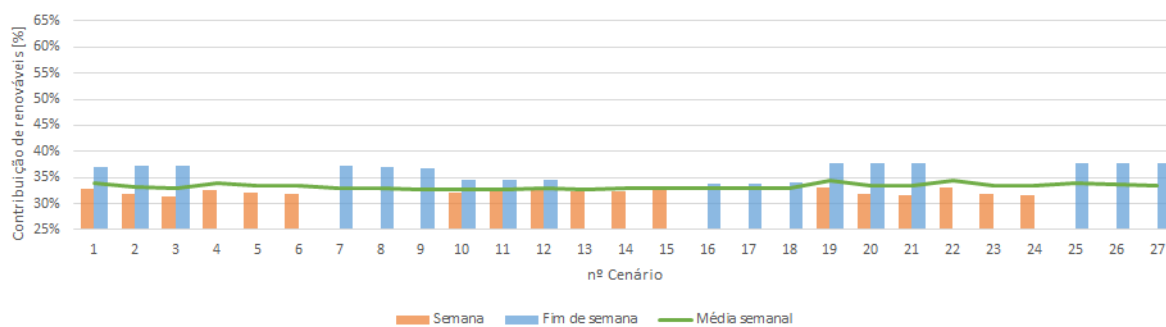
F.4.1 Período de análise sazonal de Verão – Rede



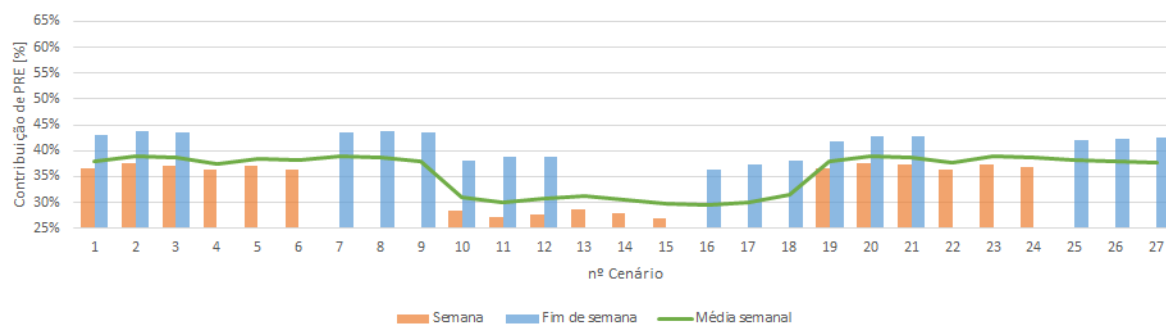
F.4.2 Período de análise sazonal de Verão – Grupo 1



Variação contribuição de Renováveis com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários

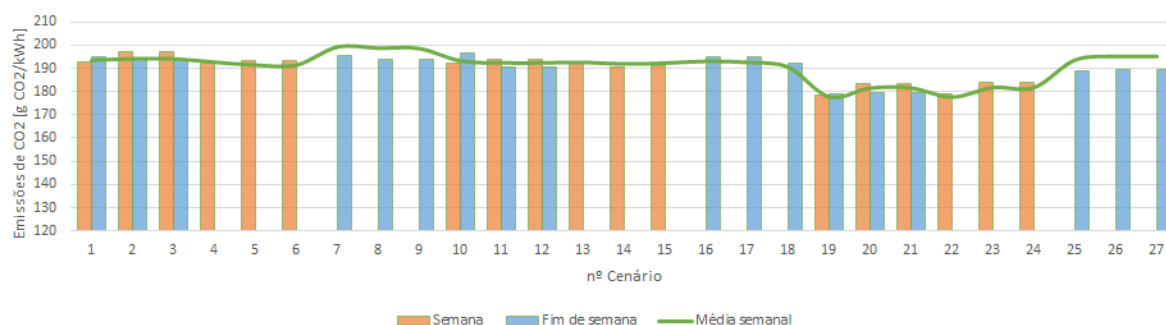


Variação contribuição de PRE com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários

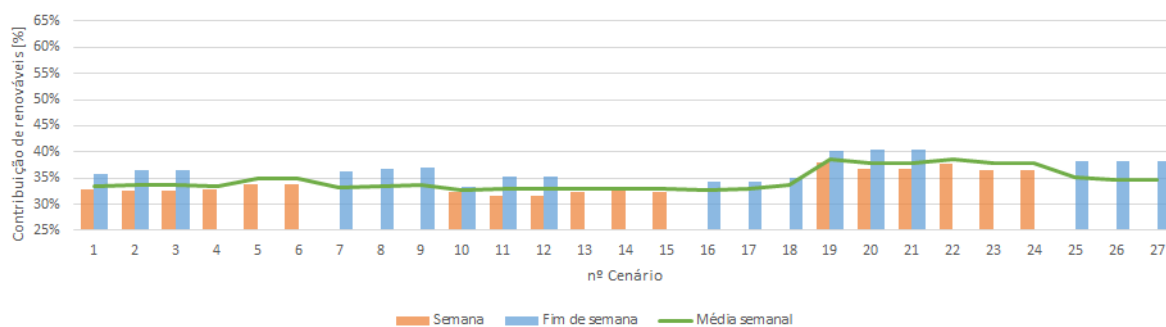


F.4.3 Período de análise sazonal de Verão – Grupo 2

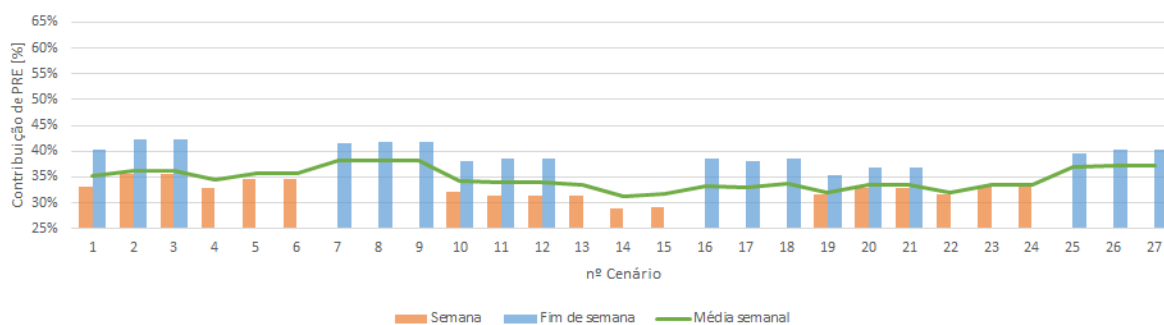
Factor de emissão de CO2 com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários



Variação contribuição de Renováveis com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários



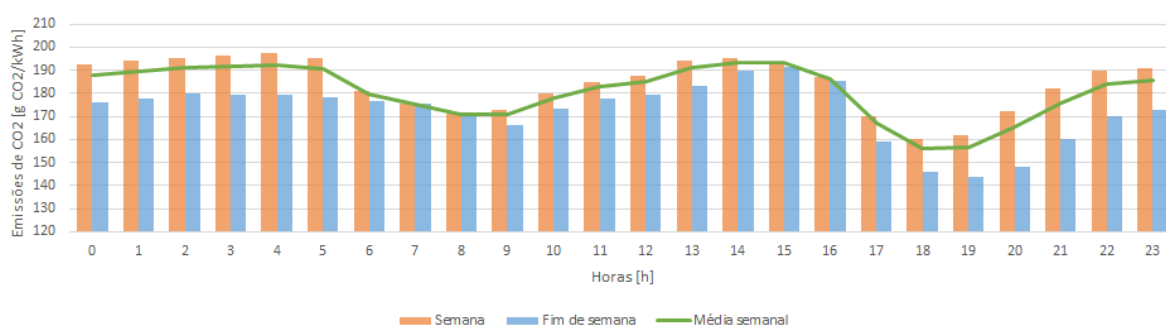
Varição contribuição de PRE com base nos condutores elegíveis nos diversos cenários



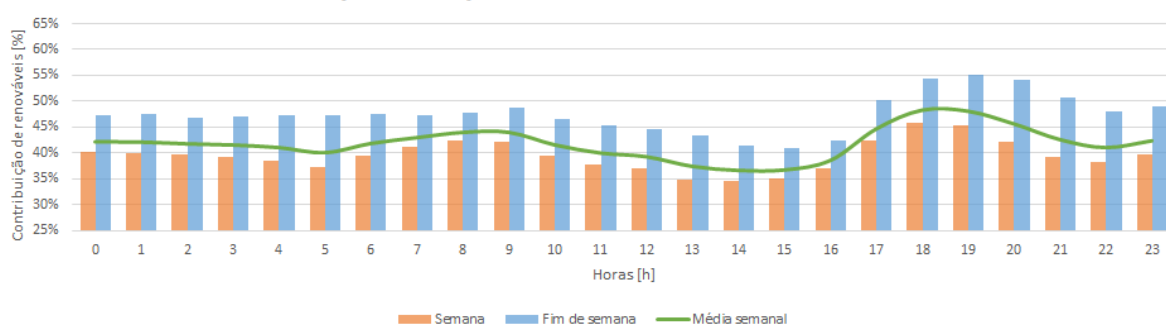
F.5 Período de análise sazonal – Outono

F.5.1 Período de análise sazonal de Outono – Rede

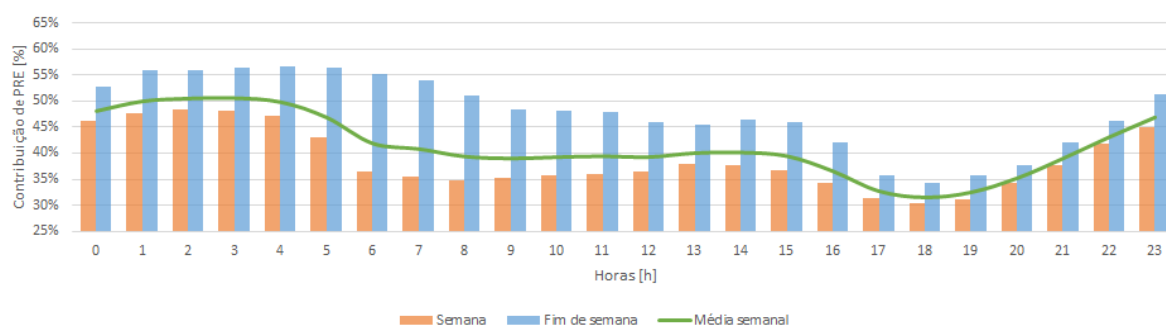
Factor de emissão de CO2 em base horária - Outono



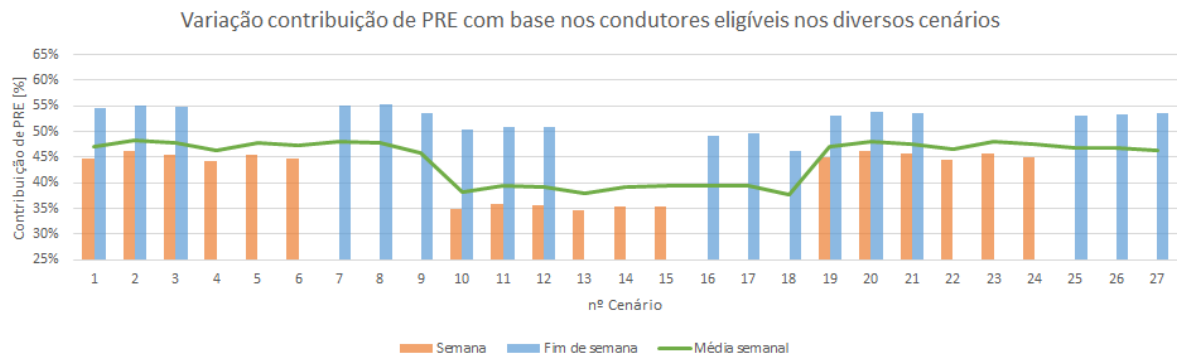
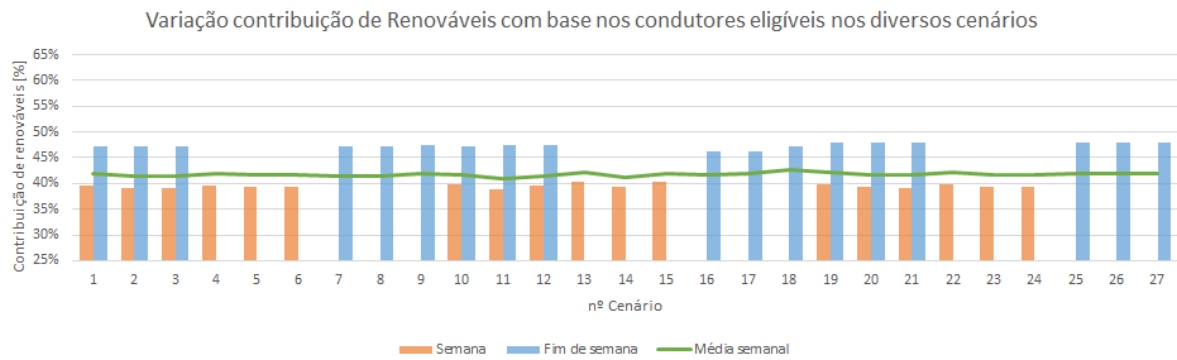
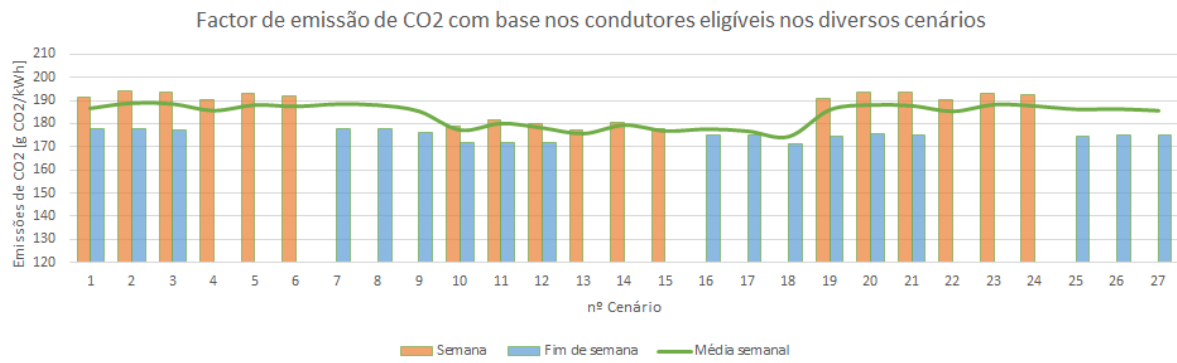
Varição contribuição de Renováveis em base horária - Outono



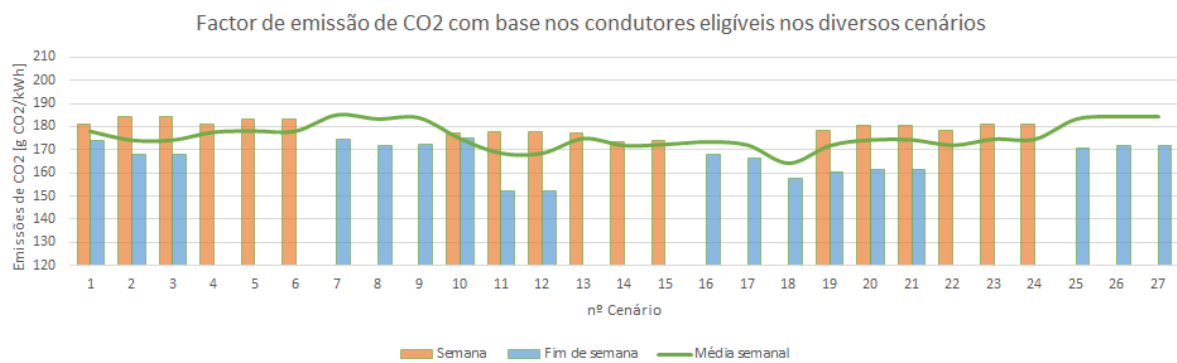
Varição contribuição de PRE em base horária - Outono



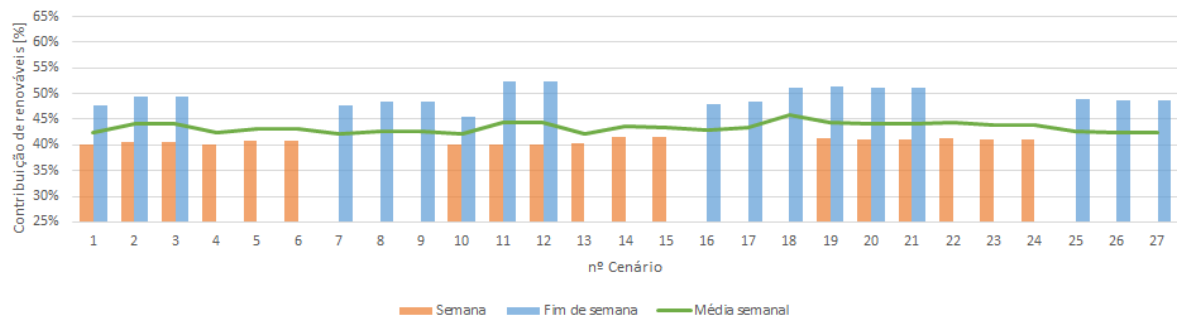
F.5.2 Período de análise sazonal de Outono – Grupo 1



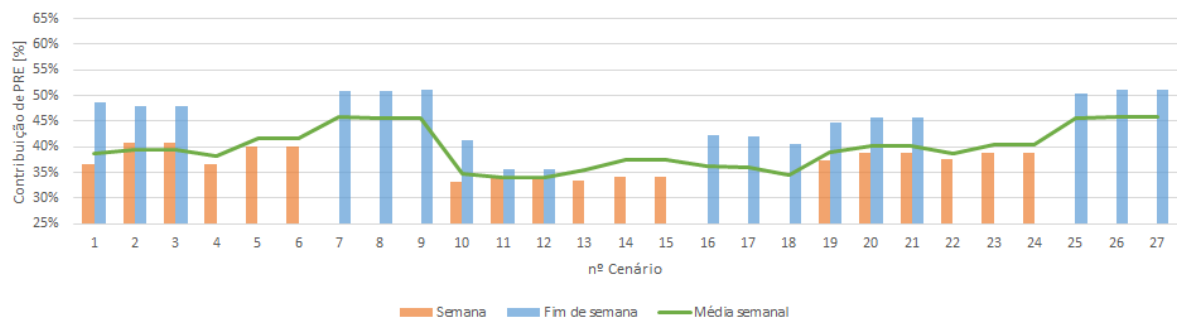
F.5.3 Período de análise sazonal de Outono – Grupo 2



Varição contribuição de Renováveis com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários

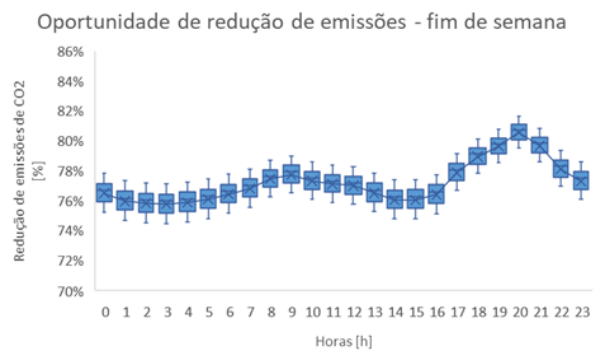
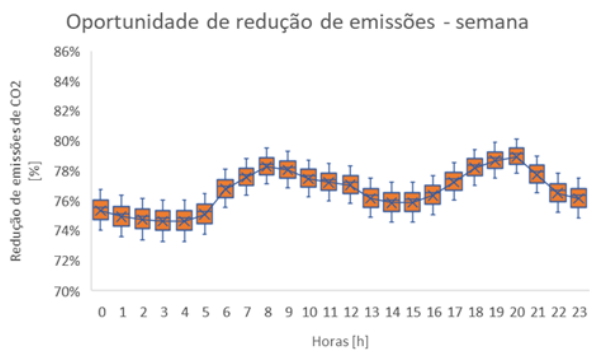
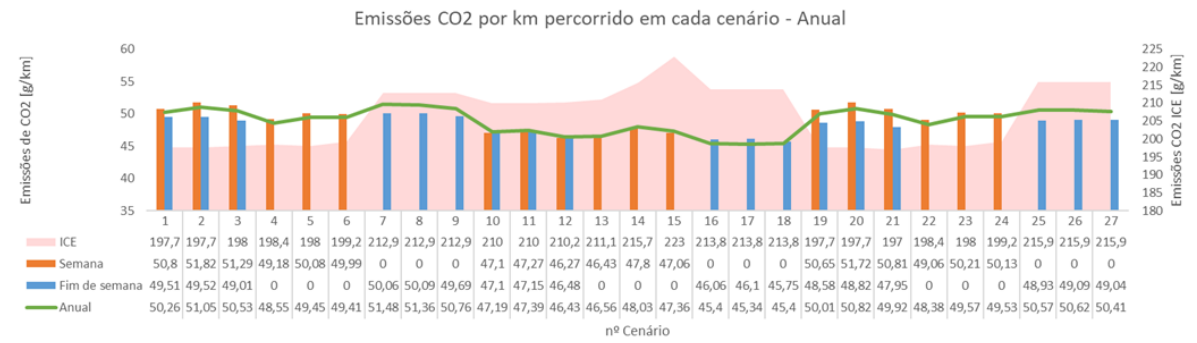
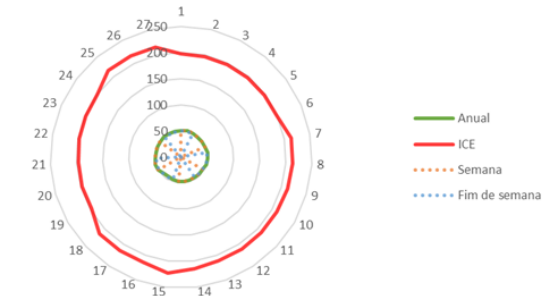
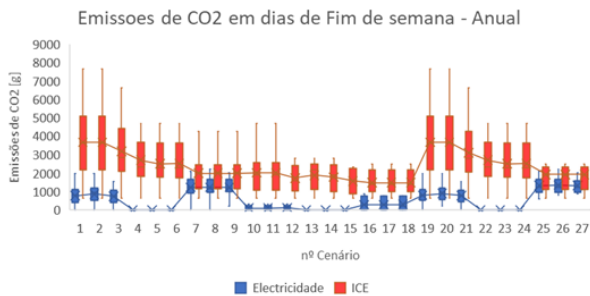
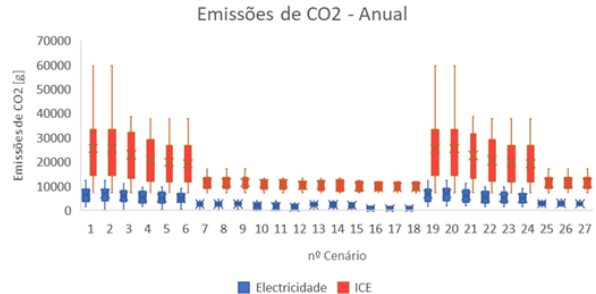
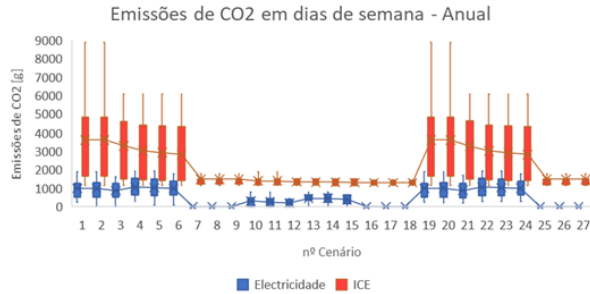


Varição contribuição de PRE com base nos condutores eligíveis nos diversos cenários

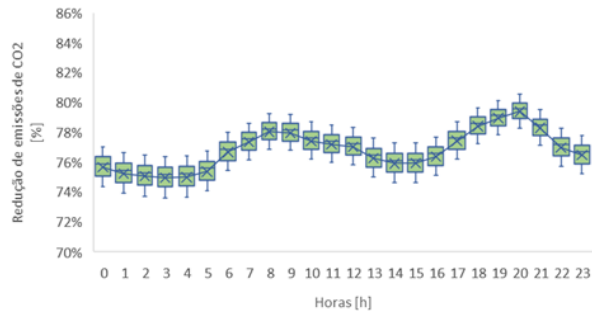


G. Comparações de emissões de CO₂ e oportunidades de redução

G1.1 Período de análise anual – Grupo 1

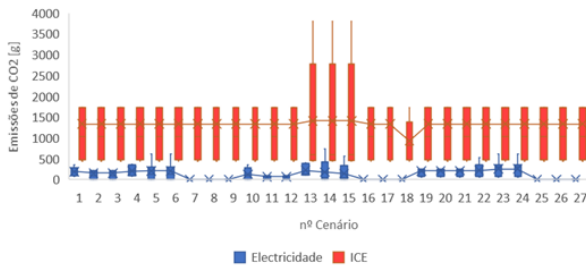


Oportunidade de redução de emissões - média

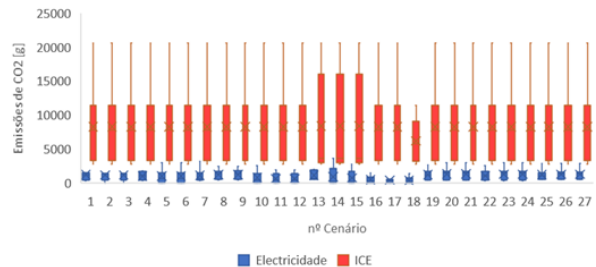


G1.2 Período de análise anual – Grupo 2

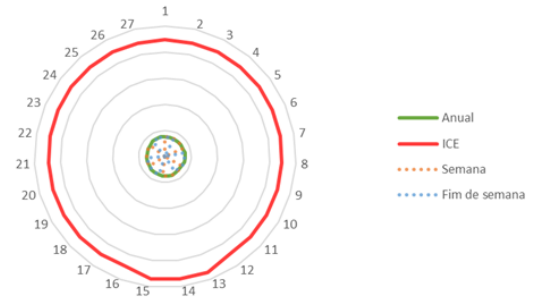
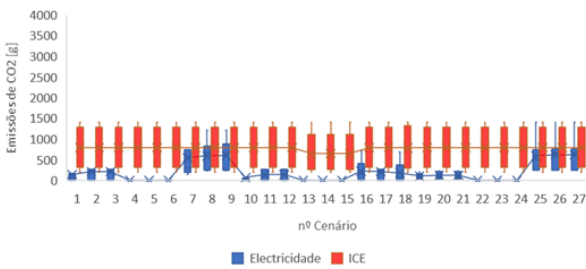
Emissões de CO2 em dias de semana - Anual



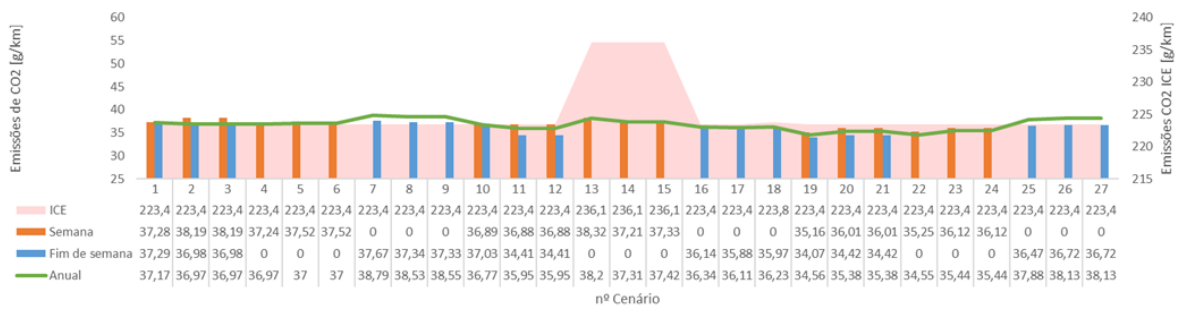
Emissões de CO2 - Anual



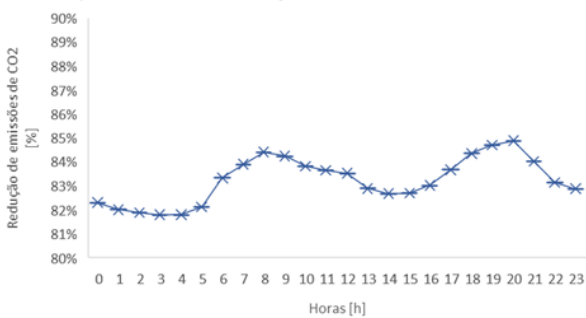
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Anual



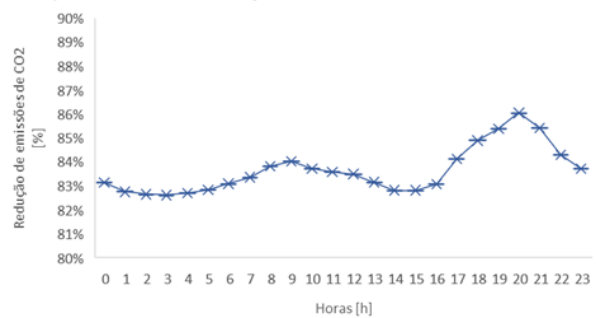
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Anual



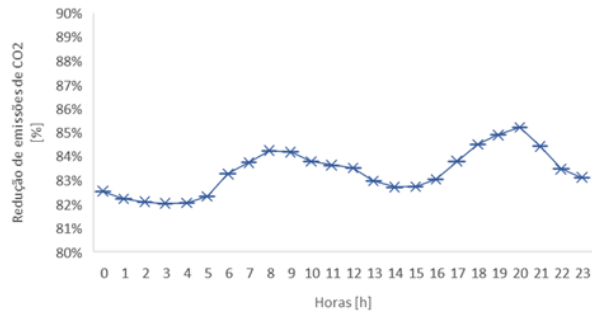
Oportunidade de redução de emissões - semana



Oportunidade de redução de emissões - fim de semana

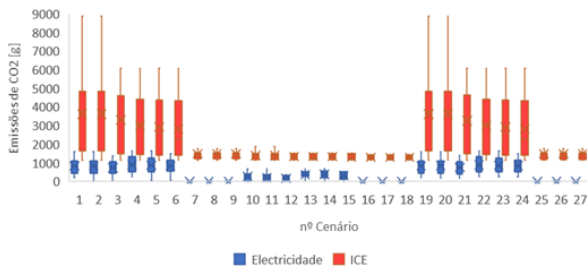


Oportunidade de redução de emissões - média

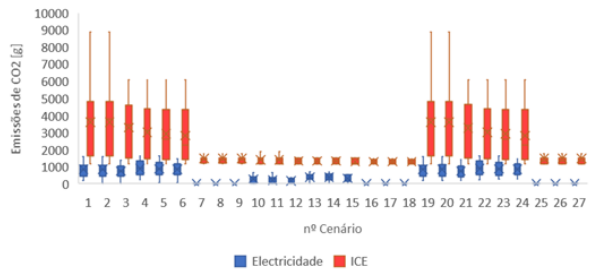


G2.1 Período de análise sazonal de Inverno – Grupo 1

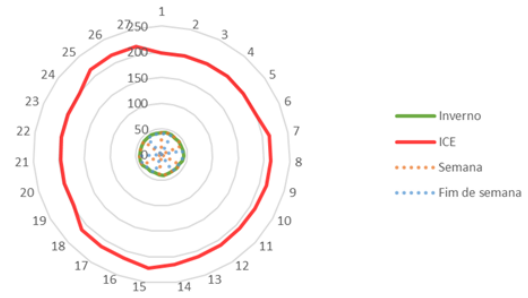
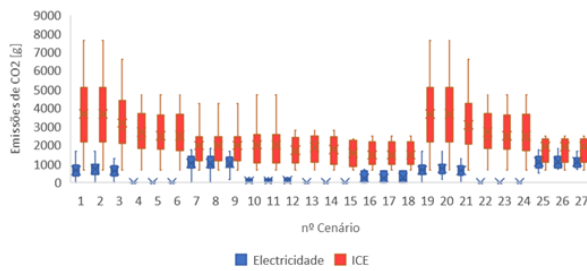
Emissões de CO2 em dias de semana - Inverno



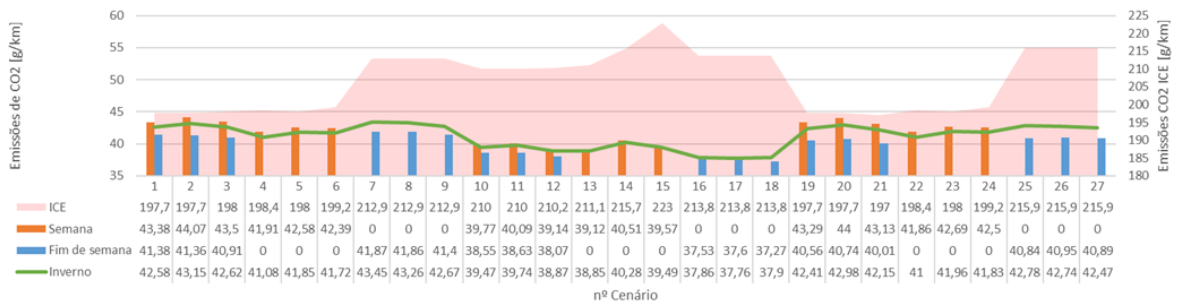
Emissões Semanais de CO2 - Inverno



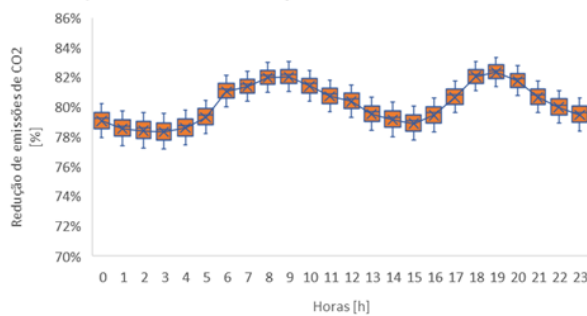
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Inverno



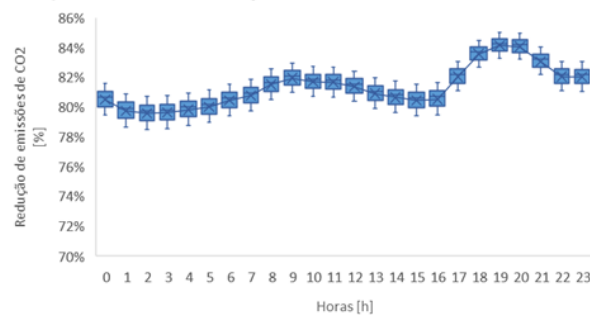
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Inverno



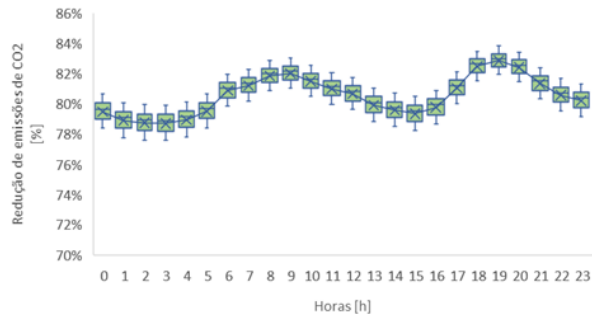
Oportunidade de redução de emissões -Semana



Oportunidade de redução de emissões - Fim de semana

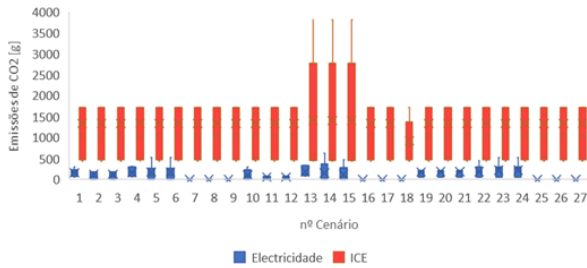


Oportunidade de redução de emissões - média

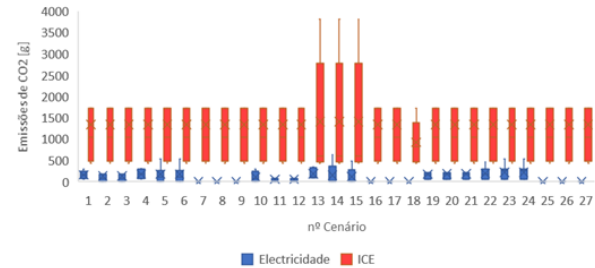


G2.2 Período de análise sazonal de Inverno – Grupo 2

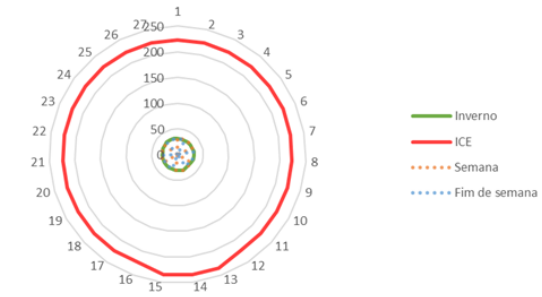
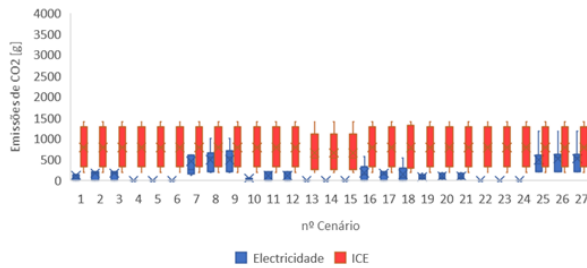
Emissões de CO2 em dias de semana - Inverno



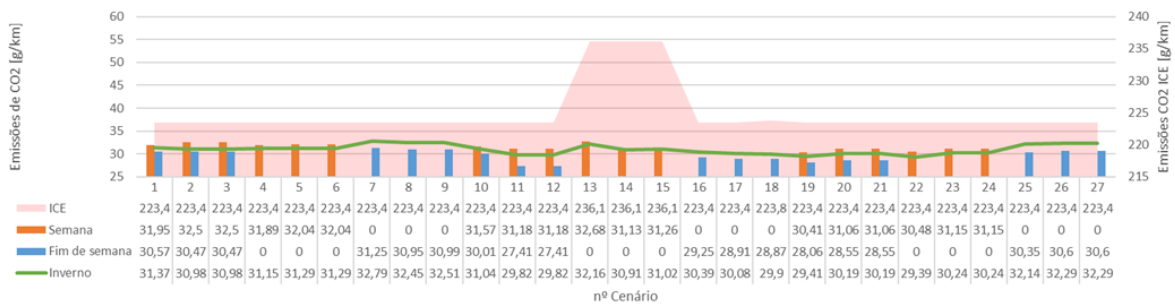
Emissões de CO2 semanais - Inverno



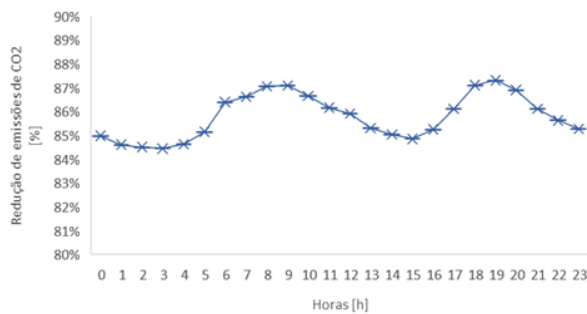
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Inverno



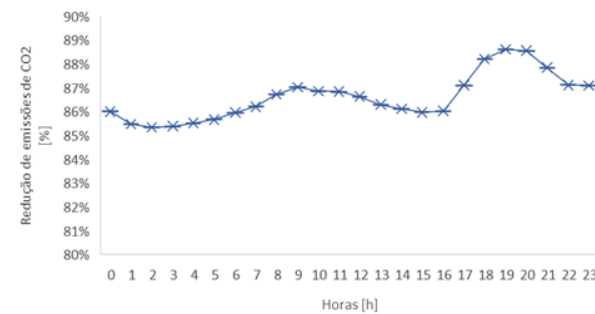
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Inverno

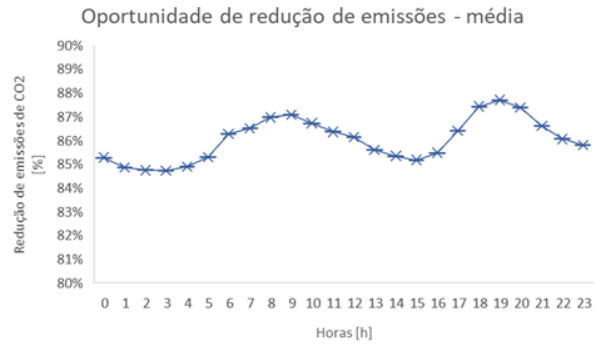


Oportunidade de redução de emissões -Semana



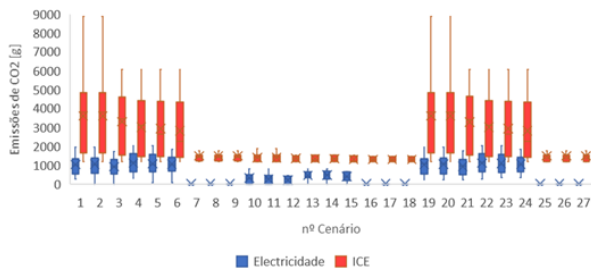
Oportunidade de redução de emissões - Fim de semana



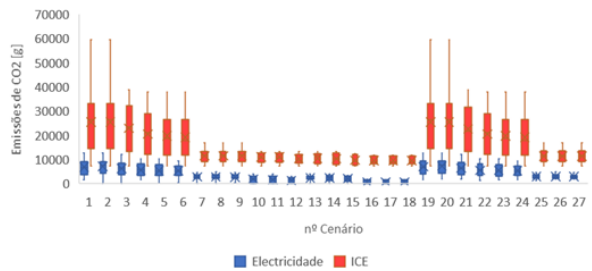


G3.1 Período de análise sazonal de Primavera – Grupo 1

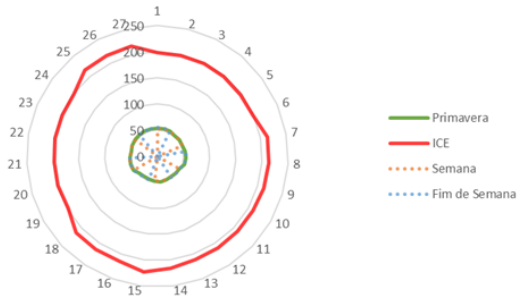
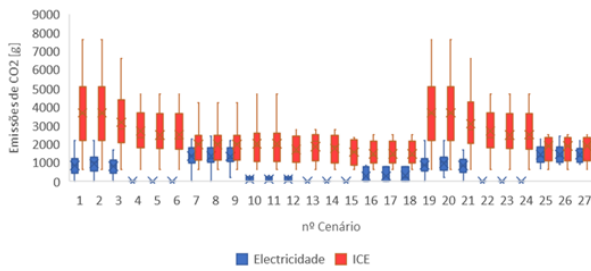
Emissões de CO2 em dias de semana - Primavera



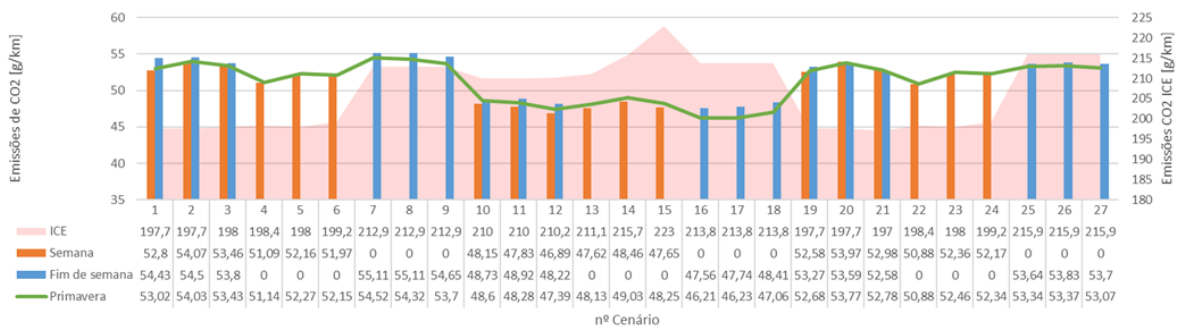
Emissões de CO2 - Primavera



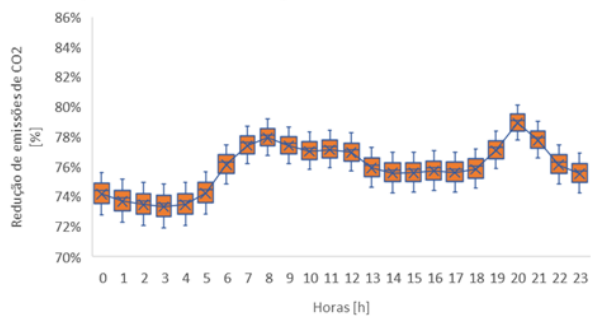
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Primavera



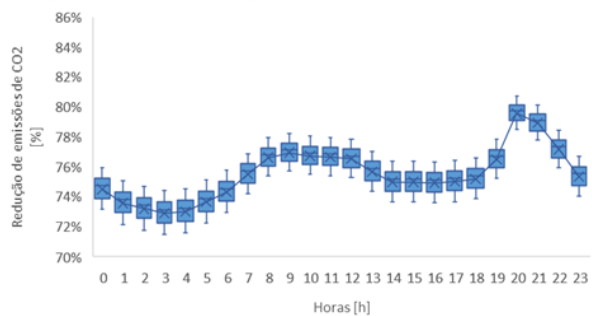
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Primavera



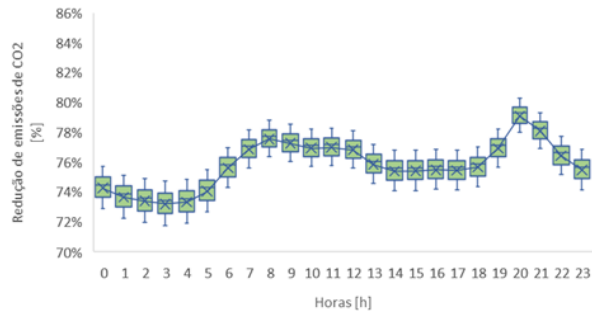
Oportunidade de redução de emissões - Semana



Oportunidade de redução de emissões - Fim de semana

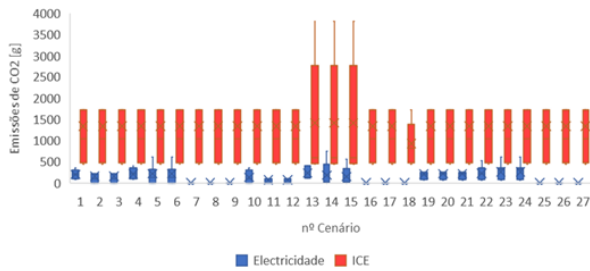


Oportunidade de redução de emissões - média

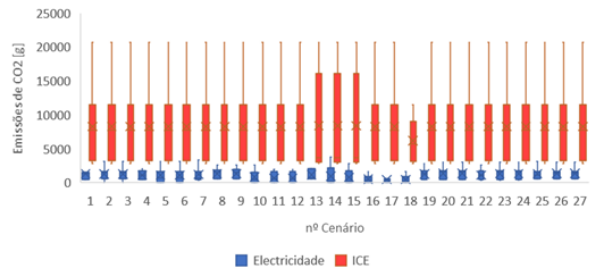


G3.2 Período de análise sazonal de Primavera – Grupo 2

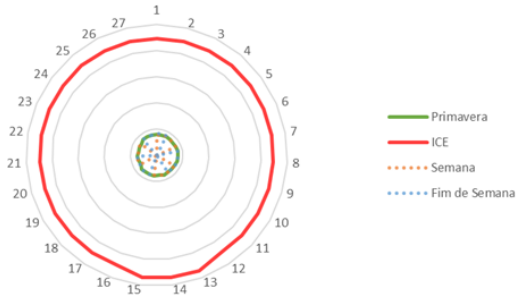
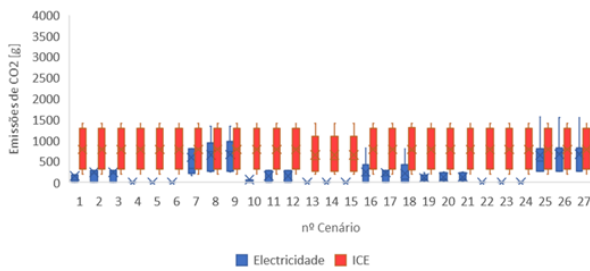
Emissões de CO2 em dias de semana - Primavera



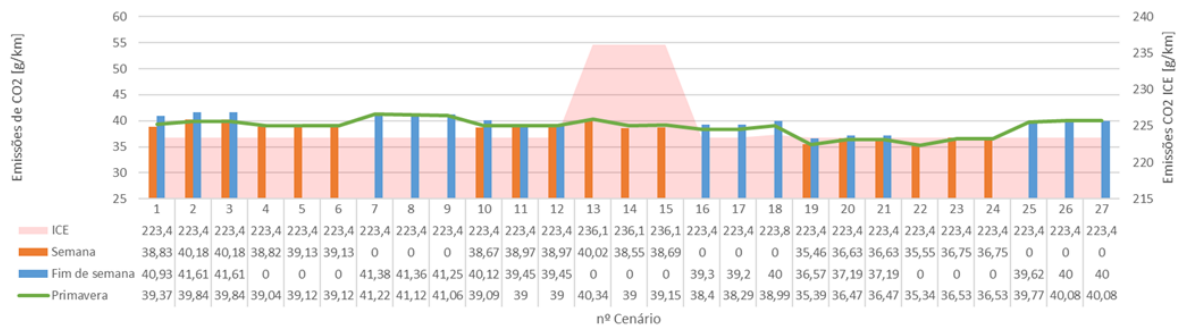
Emissões de CO2 - Primavera



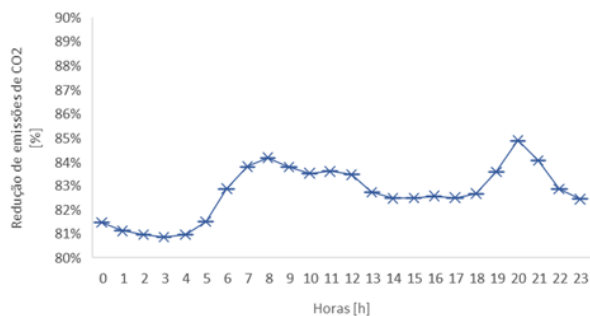
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Primavera



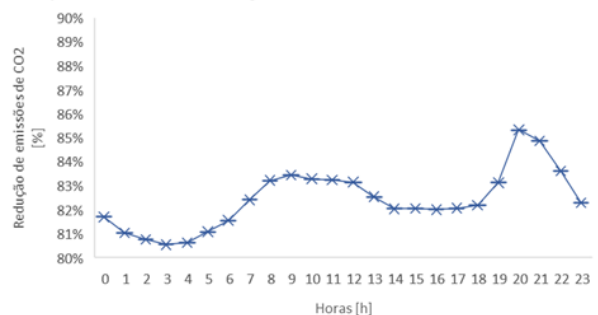
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Primavera



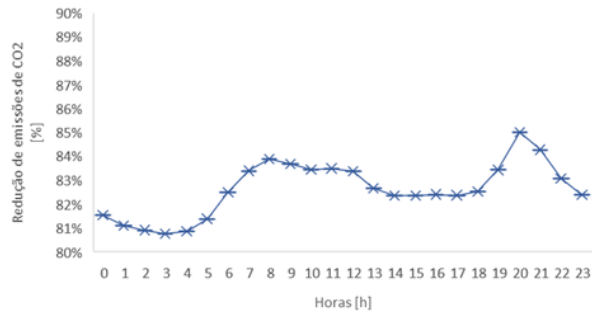
Oportunidade de redução de emissões - Semana



Oportunidade de redução de emissões - Fim de semana

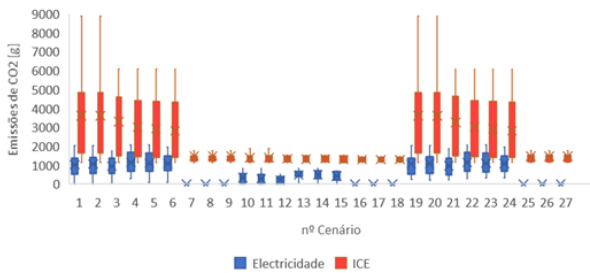


Oportunidade de redução de emissões - média

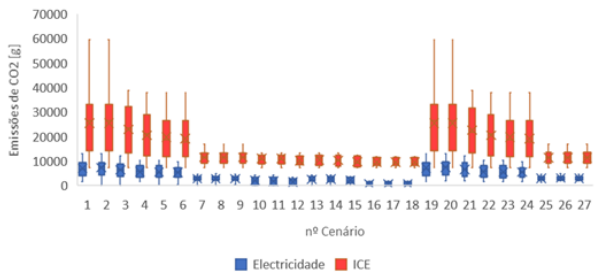


G4.1 Período de análise sazonal de Verão – Grupo 1

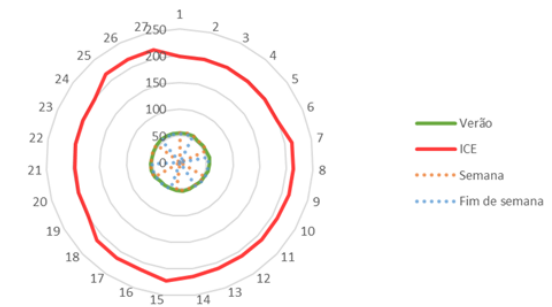
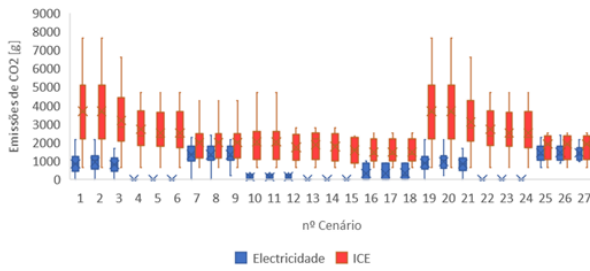
Emissões de CO2 em dias de semana - Verão



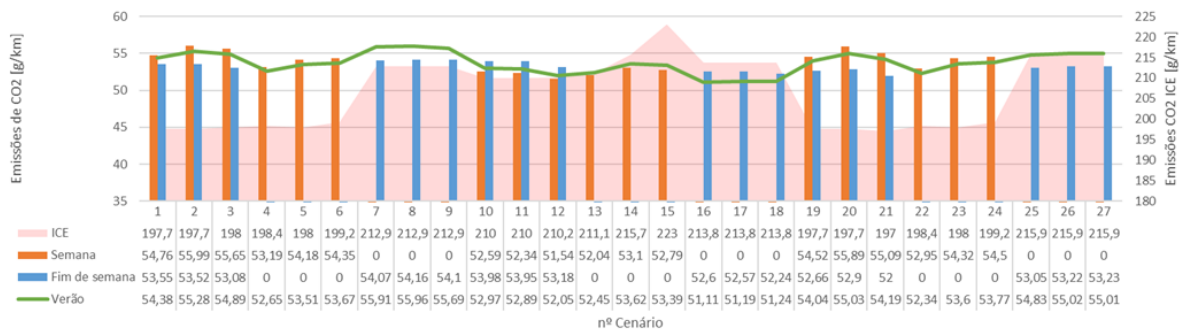
Emissões de CO2 semanais - Verão



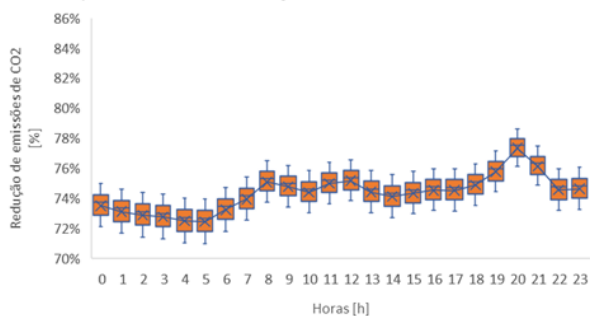
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Verão



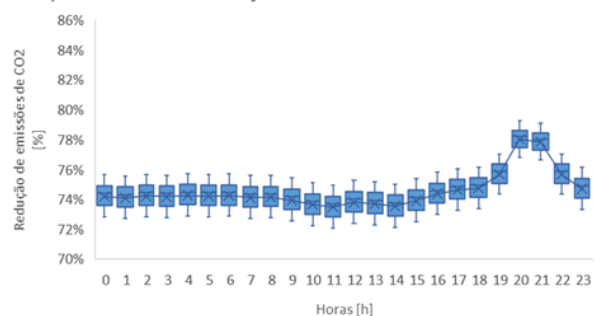
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Verão



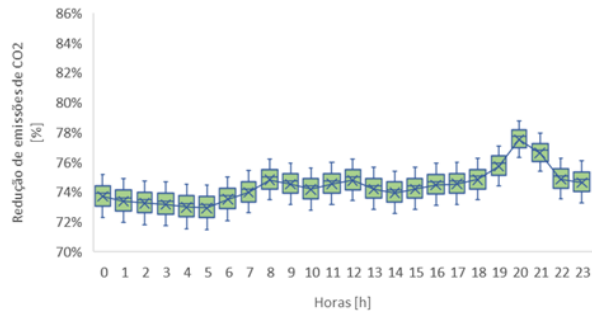
Oportunidade de redução de emissões - Semana



Oportunidade de redução de emissões - Fim de semana

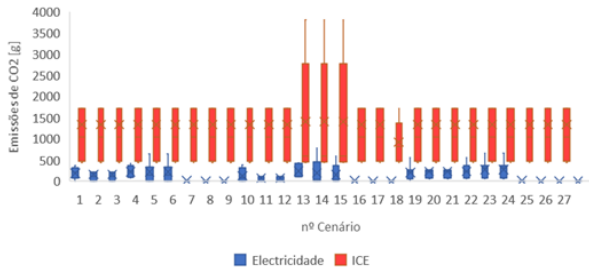


Oportunidade de redução de emissões - média

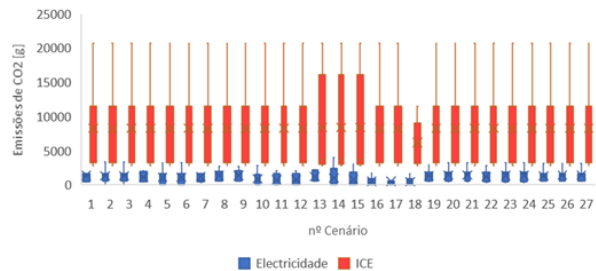


G4.2 Período de análise sazonal de Verão – Grupo 2

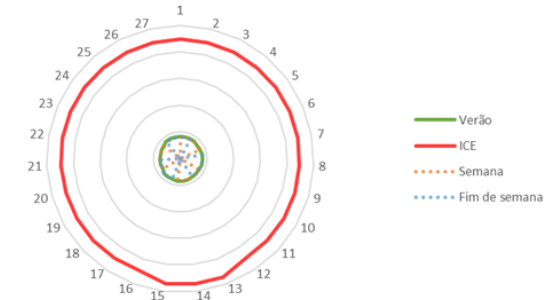
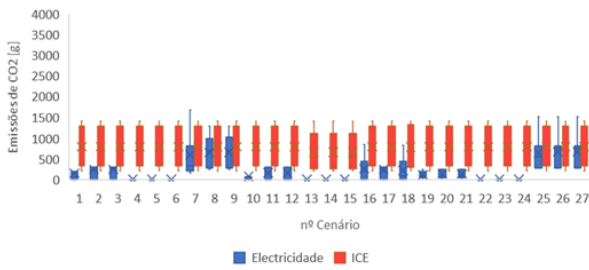
Emissões de CO2 em dias de semana - Verão



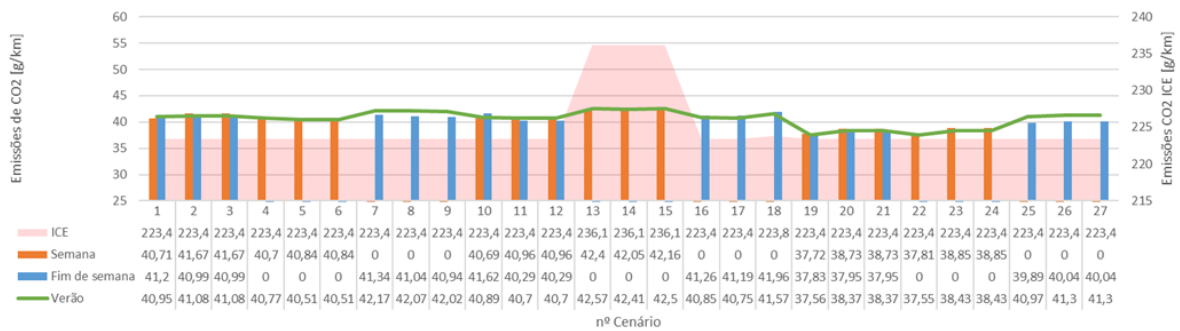
Emissões de CO2 semanais - Verão



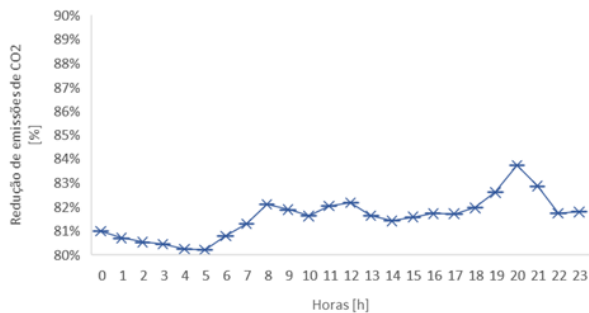
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Verão



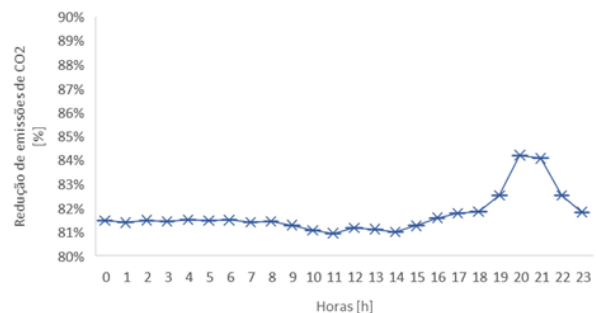
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Verão



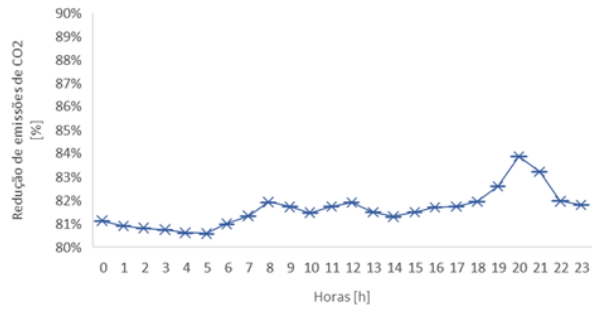
Oportunidade de redução de emissões - Semana



Oportunidade de redução de emissões - Fim de semana

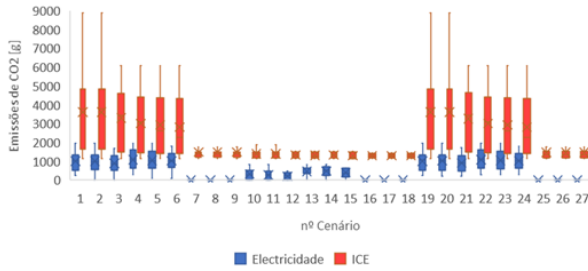


Oportunidade de redução de emissões - média

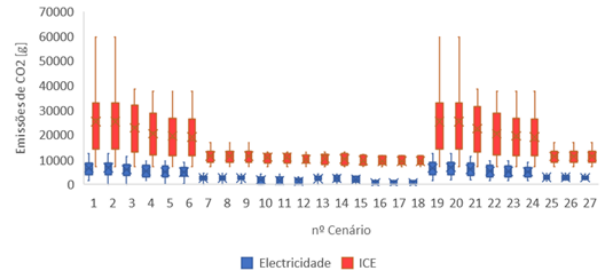


G5.1 Período de análise sazonal de Outono – Grupo 1

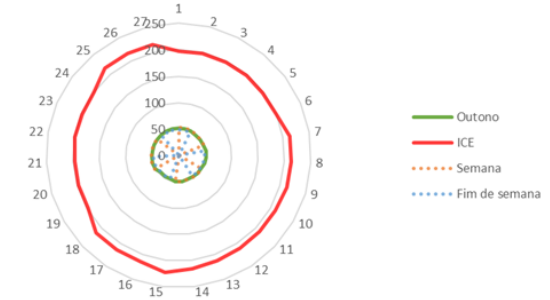
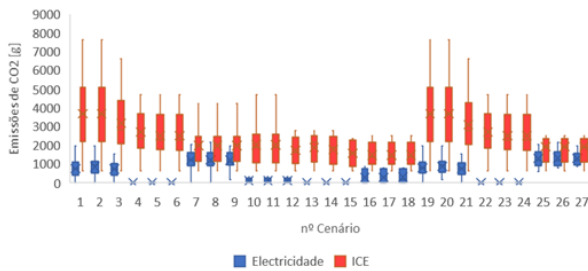
Emissões de CO2 em dias de semana - Outono



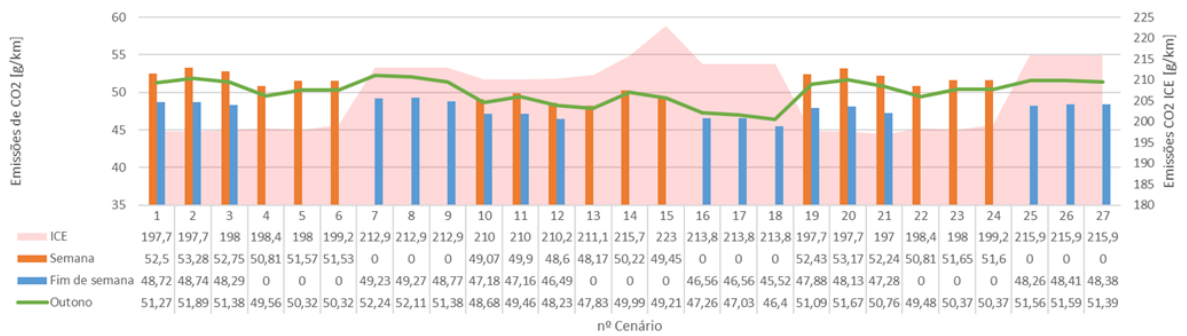
Emissões de CO2 - Outono



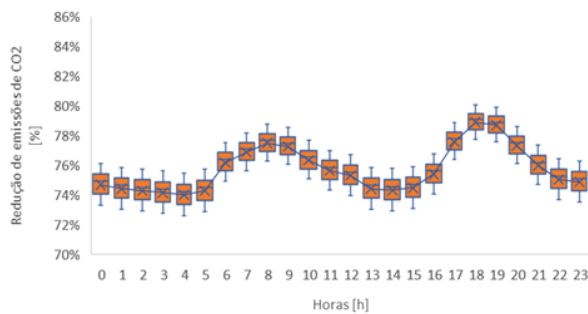
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Outono



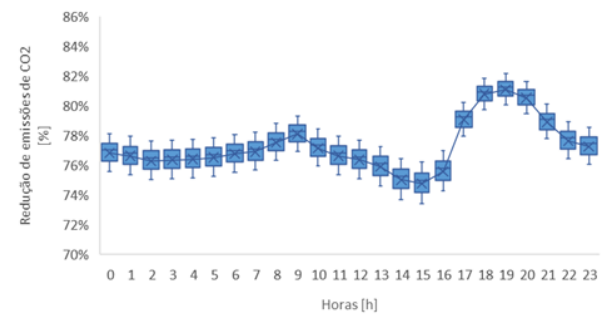
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Outono



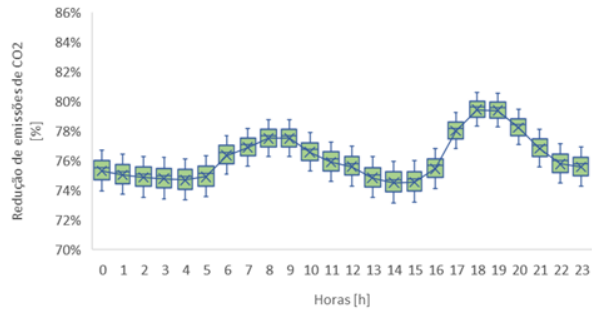
Oportunidade de redução de emissões - Semana



Oportunidade de redução de emissões - Fim de semana

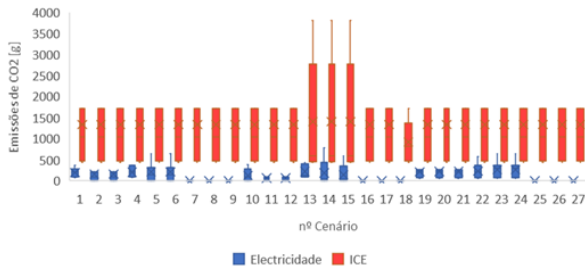


Oportunidade de redução de emissões - média

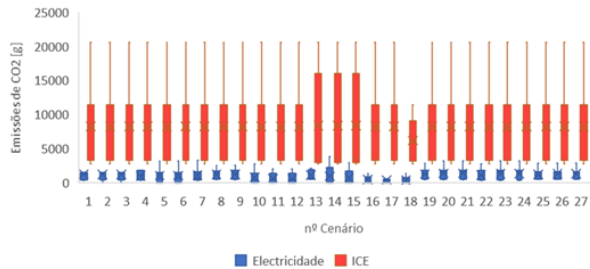


G5.2 Período de análise sazonal de Outono – Grupo 2

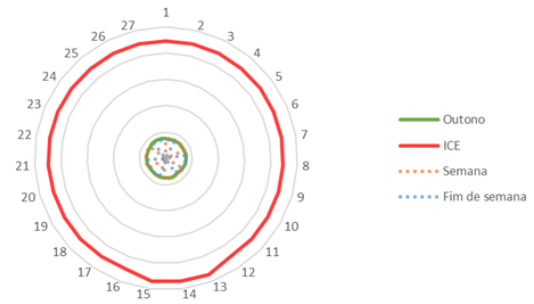
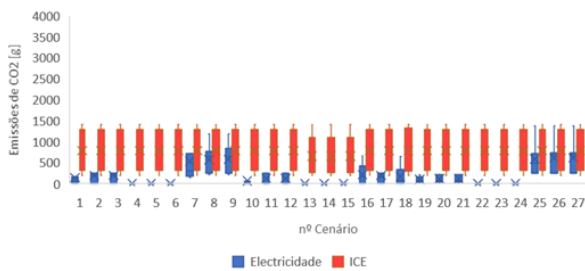
Emissões de CO2 em dias de semana - Outono



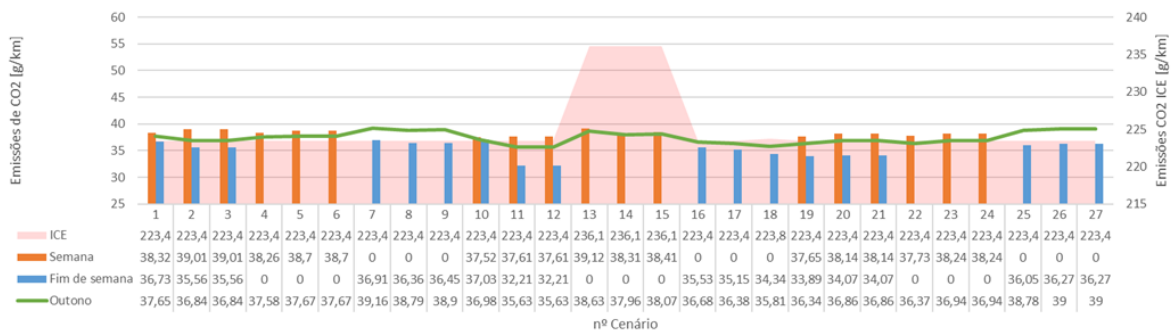
Emissões de CO2 - Outono



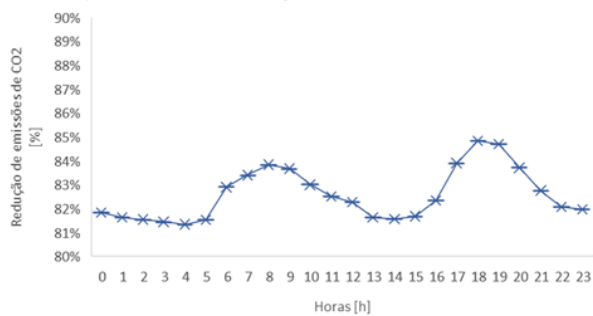
Emissões de CO2 em dias de Fim de semana - Outono



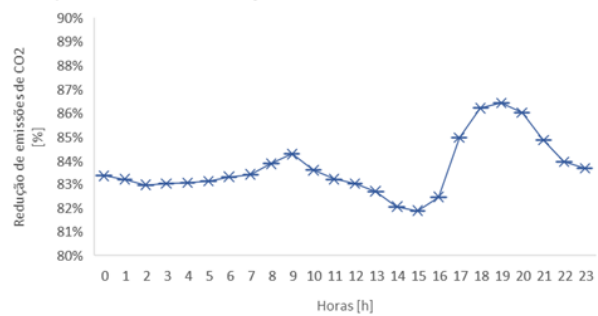
Emissões CO2 por km percorrido em cada cenário - Outono



Oportunidade de redução de emissões - Semana



Oportunidade de redução de emissões - Fim de semana



Oportunidade de redução de emissões - média

