



# **Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios**

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

João José Gomes Tiago

Leiria, março de 2019

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*



# **Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios**

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

João José Gomes Tiago

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação do Professor João Miguel Charrua de Sousa e coorientado pelo Professor Hermano Joaquim dos Santos Bernardo.

Leiria, março de 2019

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

Este trabalho foi apoiado por fundos FEDER e fundos Nacionais através da FCT no âmbito dos projetos ESGRIDS (POCI-01-0145-FEDER-016434) e MAnAGER (POCI-01-0145-FEDER- 028040).

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# **Originalidade e Direitos de Autor**

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionado o Autor e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual o mesmo foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia de Energia e do Ambiente, no ano letivo 2018/2019, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# **Agradecimentos**

Ao Professor João Miguel Charrua de Sousa pela disponibilidade, incentivo e apoio prestado no esclarecimento de dúvidas durante a execução deste trabalho.

Ao Professor Hermano Joaquim dos Santos Bernardo pela proposta do tema, por toda a ajuda, compreensão, incentivo, ideias, sugestões e tempo disponibilizado no desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas de equipa da minha atividade profissional, pelo apoio prestado e pelas ideias e opiniões trocadas, que muito me ajudaram a ultrapassar algumas das dificuldades que foram surgindo.

À minha esposa e aos meus filhos, obrigado pela ajuda, paciência e compreensão da minha ausência ao longo deste trabalho.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Resumo

Este trabalho surge com o intuito de permitir a utilização de simulação dinâmica no estudo de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios, através do *software DesignBuilder*.

O trabalho foi realizado em quatro fases. A primeira fase consistiu na análise da documentação, com o objetivo de familiarização com o edifício a estudar e para caracterizar parâmetros referentes a ocupação, cargas térmicas, temperaturas de referência, perfis de utilização, entre outros e para ambientação ao *software* de simulação. Na segunda fase foram adaptados e atualizados os parâmetros anteriormente identificados, com vista à calibração do modelo do edifício. Na terceira fase foram definidas as estratégias de *Demand Response* a simular.

Finalmente, procedeu-se à análise dos resultados obtidos nas diversas simulações e foram tecidas algumas considerações sobre o potencial de flexibilidade do diagrama de carga elétrico face às estratégias analisadas.

*Palavras-chave: Demand Response, simulação dinâmica, edifícios de escritórios, DesignBuilder*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Abstract

This work aims at using building energy performance simulation to study the impact of Demand Response actions in an office building through the DesignBuilder software.

The work was carried out in four phases. The first phase consisted of the analysis of the documentation, with the purpose of familiarizing the case-study building and to characterize parameters referring to occupancy, thermal loads, temperature set-points, operation profiles, among others and for learning how to use the simulation software. In the second phase the previously identified parameters were adjusted and updated in order to calibrate the building energy simulation model. In the third phase, a set of demand response actions to simulate was defined.

Finally, the simulation results were analyzed and some considerations were drawn about the electrical power demand flexibility potential of the actions studied.

Keywords: *Demand Response, dynamic simulation, office buildings, DesignBuilder*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Índice

<b>Originalidade e direitos de autor</b>	<b>VII</b>
<b>Agradecimentos</b>	<b>IX</b>
<b>Resumo</b>	<b>XI</b>
<b>Abstract</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>XVII</b>
<b>Lista de tabelas</b>	<b>XXI</b>
<b>Lista de siglas e acrónimos</b>	<b>XXIII</b>
<b>1. Introdução</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Enquadramento</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Organização e estrutura</b>	<b>2</b>
<b>2. Gestão da procura de energia</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Conceito de Eficiência Energética</b>	<b>6</b>
2.1.1. Tipos de programas e estratégias	7
<b>2.2. Conceito de <i>Demand Response</i></b>	<b>8</b>
2.2.1. Categorias de programas de <i>Demand Response</i>	9
2.2.2. Tipos de programas de <i>Demand Response</i>	10
<b>2.3. Potenciais sinergias e diferenças entre Eficiência Energética e <i>Demand Response</i></b>	<b>12</b>
<b>2.4. A importância de <i>Demand Response</i></b>	<b>13</b>
<b>2.5. Custos e benefícios de <i>Demand Response</i></b>	<b>15</b>
<b>2.6. O papel de <i>Demand Response</i> em sistemas de energia elétrica</b>	<b>17</b>
<b>2.7. Os principais desafios para o sucesso de <i>Demand Response</i></b>	<b>18</b>
2.7.1. Barreiras do consumidor	19
2.7.2. Barreiras do promotor	20
2.7.3. Barreiras estruturais	20
<b>2.8. Experiência de <i>Demand Response</i> na europa</b>	<b>22</b>
<b>2.9. Estratégias de <i>Demand Response</i> em edifícios de serviços</b>	<b>25</b>
2.9.1. Estratégias relativas aos sistemas AVAC	26
2.9.2. Estratégias relativas aos sistemas de iluminação	27
2.9.3. Estratégias relativas a equipamentos diversos	28
<b>3. Caso de estudo</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Metodologia aplicada</b>	<b>29</b>
<b>3.2. Descrição do edifício estudado</b>	<b>30</b>
<b>3.3. Análise de documentação</b>	<b>34</b>
3.3.1. Consumos de energia elétrica e térmica	34
3.3.2. Monitorização dos quadros elétricos	37
3.3.3. Sistema de iluminação	40
<b>4. Reformulação do modelo do edifício</b>	<b>43</b>
<b>4.1. Redefinição de parâmetros</b>	<b>43</b>
4.1.1. Perfis de utilização	43
4.1.2. Controlo do meio ambiente	47
4.1.3. Densidade de potência de iluminação	50
4.1.4. Densidade de potência dos equipamentos	52
4.1.5. Sistema de AVAC	54
<b>4.2. Simulações realizadas</b>	<b>57</b>

<b>4.3. Calibração do modelo</b>	<b>60</b>
<b>5. Estudo de estratégias de <i>Demand Response</i></b>	<b>67</b>
<b>5.1. Cenário 1 - Desvio de consumos</b>	<b>68</b>
<b>5.2. Cenário 2 - Ventilação mecânica a funcionar de acordo com o perfil de ocupação</b>	<b>73</b>
<b>5.3. Cenário 3 - Aproveitamento da iluminação natural (<i>daylighting</i>)</b>	<b>76</b>
5.3.1. Cenário 3.1 - Controlo linear	77
5.3.2. Cenário 3.2 - Controlo por patamares ( <i>stepped</i> )	82
<b>5.4. Cenário 4 - Integração de sistema de produção descentralizada</b>	<b>86</b>
5.4.1. Análise técnico-económica	90
<b>5.5. Análise global das diferentes estratégias estudadas</b>	<b>93</b>
5.5.1. Cenário 5 - Agregação das melhores estratégias estudadas	93
5.5.2. Análise dos diagramas de carga resultantes das estratégias consideradas	95
5.5.3. Análise das potências horárias	98
<b>6. Considerações finais</b>	<b>101</b>
<b>Referências bibliográficas</b>	<b>105</b>
<b>Anexos</b>	<b>107</b>
<b>Anexo A - Plantas do modelo dos pisos estudados</b>	<b>108</b>
<b>Anexo B - Diagramas de carga</b>	<b>114</b>
<b>Anexo C - Perfis de utilização</b>	<b>116</b>
<b>Anexo D - Densidade de ocupação, de potência dos equipamentos, de iluminação e de energia auxiliar consideradas</b>	<b>132</b>
<b>Anexo E - Dimensionamento do sistema de produção descentralizada</b>	<b>135</b>
<b>Anexo F - Diagramas de carga mensais das estratégias consideradas</b>	<b>141</b>

# Lista de figuras

Figura 1 – Ilustração da diferença conceptual entre <i>Demand Response</i>	8
Figura 2 – Papel dos programas de <i>Demand Response</i> no planeamento e operação do sistema elétrico (adaptado de [9])	18
Figura 3 – Metodologia aplicada	29
Figura 4 – Zonas climáticas de inverno e de verão em Portugal continental [13]	31
Figura 5 – Imagem do modelo geométrico (Vista exterior) [4]	33
Figura 6 – Desagregação de consumos de energia	34
Figura 7 – Consumos de energia elétrica e térmica (anos de 2014 e 2015)	35
Figura 8 – Perfil de consumo anual de energia elétrica (anos de 2014 e 2015)	35
Figura 9 – Perfil de consumo anual de energia para aquecimento	36
Figura 10 – Perfil de consumo anual de energia para arrefecimento	37
Figura 11 – Diagrama de carga do edifício	38
Figura 12 – Diagrama de carga dos elevadores	38
Figura 13 – Diagrama de carga do restaurante	39
Figura 14 – Diagrama de carga do piso 1	39
Figura 15 – Comparação da quantidade de luminárias e potência total instalada nos sistemas de iluminação	41
Figura 16 – Comparação das tecnologias instaladas nos sistemas de iluminação	42
Figura 17 – Diagrama de carga simulado do sistema de iluminação	42
Figura 18 – Estrutura dos perfis de utilização a redefinir	44
Figura 19 – Exemplo de um perfil diário/horário definido no <i>software DesignBuilder</i> [4]	44
Figura 20 – Perfil de ocupação definido para a zona térmica <i>open space</i> do piso 1	45
Figura 21 – Perfil de iluminação definido para a zona térmica <i>open space</i> do piso 1	46
Figura 22 – Perfil de utilização dos equipamentos definido para a zona térmica <i>open space</i> do piso 1	46
Figura 23 – Perfil de ventilação mecânica definido para a zona térmica <i>open space</i> do piso 1	47
Figura 24 – Parametrização das temperaturas de referência de aquecimento e arrefecimento [Fonte: Documentação fornecida]	48
Figura 25 – Exemplo da parametrização das temperaturas de referência de aquecimento e arrefecimento e da iluminância no <i>open space</i> do piso 3 [4]	50
Figura 26 – Exemplo da parametrização da densidade de iluminação nos gabinetes do piso 7 [4]	51
Figura 27 – Diagrama de carga dos elevadores por piso	53
Figura 28 – Exemplo da parametrização da densidade de equipamentos dos elevadores [4]	53
Figura 29 – Exemplo da parametrização do caudal de ar novo no	55
Figura 30 – Diagrama de carga do sistema de ventilação mecânica	56
Figura 31 – Exemplo da parametrização do valor da potência da energia auxiliar [4]	57
Figura 32 – Comparação dos consumos de energia elétrica de referência face aos simulados	59
Figura 33 – Comparação dos consumos de aquecimento de referência face aos simulados	59
Figura 34 – Comparação dos consumos de arrefecimento de referência face aos simulados	60
Figura 35 – Comparação da desagregação de consumos de referência face aos simulados	60

Figura 36 – Calibração do modelo (período mensal)	63
Figura 37 – Calibração do modelo (período horário)	64
Figura 38 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica global monitorizado face ao simulado	65
Figura 39 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação monitorizado face ao simulado	65
Figura 40 – Comparação do diagrama de carga do sistema de ventilação mecânica monitorizado face ao simulado	66
Figura 41 – Comparação do diagrama de carga dos outros equipamentos monitorizados face ao simulado	66
Figura 42 – Perfil de utilização do sistema de ventilação para o cenário 1 (desvio de consumos) [4]	69
Figura 43 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação do cenário 1 - desvio de consumos)	70
Figura 44 – Comparação do diagrama de carga do sistema de ventilação mecânica (simulação do modelo de referência face à simulação do cenário 1 - desvio de consumos)	70
Figura 45 – Distribuição da temperatura do open space do piso 4 (simulação cenário 1 - desvio de consumos) [4]	72
Figura 46 – Distribuição da temperatura dos gabinetes do piso 7 (simulação cenário 1 - desvio de consumos) [4]	72
Figura 47 – Perfil de utilização do sistema de ventilação para o cenário 2 (ventilação com perfil de ocupação) [4]	73
Figura 48 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação)	73
Figura 49 – Comparação do diagrama de carga do sistema de ventilação (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação)	74
Figura 50 – Distribuição da temperatura do open space do piso 4 (simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação) [4]	75
Figura 51 – Distribuição da temperatura dos gabinetes do piso 7 (simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação) [4]	76
Figura 52 – Exemplo da localização dos sensores de iluminação	78
Figura 53 – Exemplo da parametrização do controlo linear [4]	78
Figura 54 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 3.1 - <i>daylighting</i> com controlo linear)	79
Figura 55 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 3.1 - <i>daylighting</i> com controlo linear)	79
Figura 56 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação solstício de inverno face ao solstício de verão ( <i>daylighting</i> com controlo linear)	81
Figura 57 – Mapa térmico da iluminância e mapa térmico de <i>daylighting</i> anual	82
Figura 58 – Exemplo da parametrização do controlo <i>stepped</i> [4]	82
Figura 59 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 3.2 - <i>daylighting</i> com controlo <i>stepped</i> )	83
Figura 60 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 3.2 - <i>daylighting</i> com controlo <i>stepped</i> )	83

Figura 61 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação solstício de inverno face ao solstício de verão ( <i>daylighting</i> com controlo <i>stepped</i> )	85
Figura 62 – Mapa térmico da iluminância e mapa térmico de <i>daylighting</i> anual	85
Figura 63 – Características do painel fotovoltaico, definidas no <i>software DesignBuilder</i> [4]	87
Figura 64 – Características do inversor, definidas no <i>software DesignBuilder</i> [4]	87
Figura 65 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 4 - sistema de produção descentralizada)	88
Figura 66 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica do solstício de inverno face ao solstício de verão (sistema de produção descentralizada)	89
Figura 67 – Imagem ilustrativa da implementação do sistema de produção descentralizada [4]	90
Figura 68 – Análise do período de retorno do investimento do sistema de produção descentralizada	92
Figura 69 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 5 - agregação das melhores estratégias)	93
Figura 70 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica do solstício de inverno face ao solstício de verão (simulação cenário 5 - agregação das melhores estratégias)	95
Figura 71 – Diagrama de carga do edifício do dia de semana médio do mês de junho	96
Figura 72 – Diagrama de carga do edifício do dia de sábado médio do mês de junho	96
Figura 73 – Diagrama de carga do edifício do dia de domingo médio do mês de junho	97
Figura 74 – Diagrama de carga do edifício do dia de semana médio do mês de dezembro	97
Figura 75 – Diagrama de carga do edifício do dia de sábado médio do mês de dezembro	97
Figura 76 – Diagrama de carga do edifício do dia de domingo médio do mês de dezembro	98
Figura 77 – Potências horárias médias por semana	98
Figura 78 – Potências horárias máximas por semana	99
Figura 79 – Potências horárias por ordem decrescente ao longo do ano	99
Figura 80 – Evolução das potências horárias acumuladas ao longo do ano	100

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação entre o consumo de energia mundial e na Europa [2]	5
Tabela 2 – Comparação do consumo total de energia e o consumo de eletricidade em Portugal [2]	6
Tabela 3 – Tipos de programas e estratégias de Eficiência Energética [5]	7
Tabela 4 – Tipos de ações de <i>Demand Response</i> [6]	9
Tabela 5 – Descrição dos tipos de programas de <i>Demand Response</i>	11
Tabela 6 – Potenciais sinergias entre Eficiência Energética e <i>Demand Response</i> [8]	12
Tabela 7 – Custos de <i>Demand Response</i> [9]	15
Tabela 8 – Benefícios de <i>Demand Response</i> [9]	16
Tabela 9 – Aplicação de <i>Demand Response</i> na Europa	23
Tabela 10 – Identificação do edifício em estudo	31
Tabela 11 – Características climáticas [Fonte: <i>RETscreen</i> ; Local: Lisboa, Portela]	31
Tabela 12 – Características da envolvente opaca e envidraçada [4]	33
Tabela 13 – Distribuição do sistema de iluminação anterior por tecnologia	40
Tabela 14 – Distribuição do sistema de iluminação atual por tecnologia	40
Tabela 15 – Reformulação das temperaturas de referência de aquecimento e arrefecimento	48
Tabela 16 – Comparação da iluminância inicialmente prevista e da iluminância considerada	49
Tabela 17 – Exemplo do cálculo da densidade de iluminação para os gabinetes do piso 7	51
Tabela 18 – Densidade de iluminação considerada	52
Tabela 19 – Densidade de equipamentos considerada	54
Tabela 20 – Comparação de caudal de ar novo de projeto e o medido [Fonte: Documentação fornecida]	54
Tabela 21 – Caudal de ar novo	55
Tabela 22 – Cálculo da potência a considerar para a energia auxiliar	56
Tabela 23 – Consumos de referência (Faturação de energia no ano de 2015)	57
Tabela 24 – Limites para os indicadores estatísticos [15]	62
Tabela 25 – Indicadores estatísticos (período mensal)	63
Tabela 26 – Indicadores estatísticos (período horário)	64
Tabela 27 – Período horário relativo ao ciclo diário para fornecimento de energia em BTE [16]	67
Tabela 28 – Tarifas aplicadas para fornecimento de energia em BTE [Fonte: Documentação fornecida]	68
Tabela 29 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 1 - desvio de consumos)	71
Tabela 30 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 1 - desvio de consumos)	71
Tabela 31 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação)	74
Tabela 32 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação)	75
Tabela 33 – Percentagem de iluminação regulada por dimming para a análise do <i>daylighting</i>	77
Tabela 34 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 3.1 - <i>daylighting</i> com controlo linear)	80

Tabela 35 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 3.1 - <i>daylighting</i> com controlo linear)	80
Tabela 36 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 3.2 - <i>daylighting</i> com controlo <i>stepped</i> )	84
Tabela 37 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 3.2 - <i>daylighting</i> com controlo <i>stepped</i> )	84
Tabela 38 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 4 - sistema de produção descentralizada)	88
Tabela 39 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 4 - sistema de produção descentralizada)	89
Tabela 40 – Análise dos custos iniciais, finais e poupança anual em energia elétrica com a implementação do sistema de produção descentralizada	90
Tabela 41 – Cenário aplicado para o cálculo do período de retorno do investimento do sistema de produção descentralizada	91
Tabela 42 – Análise da produção de energia elétrica do sistema de produção descentralizada por período horário	91
Tabela 43 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 5 - agregação das melhores estratégias)	94
Tabela 44 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 5 - agregação das melhores estratégias)	94

## Lista de siglas e acrónimos

AC	Corrente alternada
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar condicionado
BTE	Baixa tensão especial
CFL	Lâmpada fluorescente compacta
CPP	<i>Critical peak pricing</i>
$CV_{\text{RMSE}}$	<i>Coefficient of variation of the root mean square error</i>
DC	Corrente contínua
DR	<i>Demand Response</i>
DSM	<i>Demand Side Management</i>
ERSE	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
FLT5	Lâmpada fluorescente T5
FLT8	Lâmpada fluorescente T8
GEE	Gases com efeito de estufa
IEM	<i>Internal Electricity Market</i>
kWh	Quilo Watt-hora, unidade de medida de consumos de energia
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
MBE	<i>Mean bias error</i>
RTP	<i>Real-time pricing</i>
tep	Tonelada equivalente de petróleo
TOU	<i>Time of use</i>
UE	União Europeia
UPS	<i>Uninterruptible power supply</i>
UTAN	Unidade de tratamento de ar novo

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

O desenvolvimento económico está associado ao aumento de procura de energia. Com o aumento do consumo global de energia elétrica desde 1980, expresso por um crescimento médio na ordem de mais de 3% ao ano, o desafio enfrentado atualmente pelos governos é a necessidade de um fornecimento mais fiável e sustentável de energia elétrica, sabendo que o crescimento da população, o crescimento económico e o crescimento da tecnologia moderna continuam a impulsionar a procura de energia [1].

Apesar do crescimento da procura por energia até 2040, prevê-se que o ritmo da procura de energia seja inferior ao do crescimento da população mundial, o que faz com que a previsão da evolução da procura de energia assuma que o consumo *per capita* baixe. Considerando que a consciência da necessidade de travar o crescimento do consumo de energia nos países mais industrializados aumenta, começa-se a apresentar a conservação de energia como um meio a utilizar para satisfazer as necessidades de energia, podendo ser considerada “virtualmente” como uma fonte de energia primária. A conservação de energia não tem de significar a privação de bens ou conforto, mas deve-se preocupar em primeiro lugar com a eliminação de desperdícios e com o acréscimo da eficiência com que a energia é utilizada [2].

É a partir desta ideia que os conceitos de Eficiência Energética e *Demand Response* começam a ganhar lugar de destaque e como ambos influenciam o consumo final de energia é necessário compreender a relação entre eles, devido às potenciais sinergias e potenciais diferenças que existem.

Ao contrário do conceito de Eficiência Energética, que prevê um menor consumo de energia para a realização do mesmo tipo de serviço ou nível de conforto, o conceito de *Demand Response* baseia-se no desvio do consumo de períodos críticos para uns instantes diferentes no tempo onde o consumo é menos crítico para o sistema de energia. Esta situação poderá implicar alterações nos perfis de consumo, que desejavelmente poderá ainda conduzir a poupanças de energia [3].

## 1.2. Objetivos

O presente trabalho consiste na utilização de simulação dinâmica do desempenho energético para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios, recorrendo ao *software DesignBuilder* [4].

Para concretizar essa aplicação, definiram-se os seguintes objetivos:

- Familiarização com a utilização do *software DesignBuilder* para modelação de edifícios;
- Análise de registos do sistema de gestão técnica do edifício, dados de monitorização de consumos de energia elétrica e características de iluminação, entre outros;
- Caracterização dos parâmetros previamente inseridos no modelo referentes a ocupação, cargas térmicas, temperaturas de referência, perfis de utilização, entre outros;
- Redefinição dos parâmetros anteriores com vista à calibração do modelo;
- Definição das estratégias de *Demand Response* a simular;
- Realização de simulações e análises dos resultados obtidos para cada estratégia estudada.

## 1.3. Organização e estrutura

O presente trabalho está dividido em seis capítulos que sintetizam o trabalho desenvolvido.

No Capítulo 1 é apresentado o enquadramento do trabalho, assim como os seus objetivos e um resumo do conteúdo de cada capítulo.

No Capítulo 2 é realizado um enquadramento histórico da evolução relativa à Gestão da Procura de Energia. Neste capítulo são analisadas e as potenciais sinergias e diferenças entre Eficiência Energética e *Demand Response*. Relativamente ao *Demand Response* é analisada a sua importância, os seus custos e seus benefícios, assim como o seu papel em sistemas de energia elétrica e destacam-se os principais desafios para o seu sucesso. Para concluir este capítulo, é analisada a experiência da aplicação de estratégias de *Demand Response* na Europa

e identificadas as principais estratégias de *Demand Response* em edifícios de serviços.

No Capítulo 3 é realizada a caracterização do edifício em estudo e identificada a metodologia aplicada de forma a cumprir os objetivos propostos. Neste capítulo também é analisada a documentação disponível, nomeadamente a análise dos consumos elétricos e térmicos (para aquecimento e arrefecimento), a análise da monitorização dos quadros elétricos dos pisos e a análise dos sistemas de iluminação.

No Capítulo 4 foi realizada a reformulação de alguns parâmetros referentes a ocupação, cargas térmicas, temperaturas de referência, perfis de utilização, entre outros, com vista à calibração do modelo do edifício. Esta calibração foi possível com recurso ao software *DesignBuilder* e à documentação analisada, de forma a viabilizar uma adequada aproximação ao perfil de consumo de energia do edifício em estudo.

No Capítulo 5 são definidas as estratégias de *Demand Response* a simular, com vista à melhoria do desempenho energético do edifício. A definição das estratégias compreende uma avaliação do seu impacto no consumo total de energia do edifício, através da análise desagregada de diversos sistemas ativos existentes, como o sistema de ventilação, o sistema de aquecimento, o sistema de arrefecimento e o sistema de iluminação. Também é realizado o dimensionamento de um sistema de produção descentralizada de energia elétrica, de forma a analisar o impacto do mesmo na alteração de perfil de consumo de energia. Neste capítulo é também realizada a análise agregadora das melhores estratégias estudadas.

No Capítulo 6 apresentam-se as principais considerações finais do trabalho efetuado e enunciam-se linhas orientadoras de investigação para trabalho futuro.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## 2. Gestão da procura de energia

Durante a primeira metade do século XX, os avanços na engenharia e na tecnologia fizeram com que o custo de produção de energia crescesse mais rapidamente do que o crescimento da procura de energia. Por volta de 1970, com o aumento dos preços e da diminuição dos fornecimentos de petróleo e gás natural, os progressos tecnológicos e as novas pressões ambientais fizeram com que existissem ineficiências significativas na estrutura regulatória dos mercados, em especial na sua capacidade de coordenar os níveis de oferta e procura, dando-se início à liberalização dos mercados de energia no final dessa década. Atualmente, os mercados de eletricidade estão em diferentes fases do processo de liberalização e esta situação provoca que alguns aspetos de produção e comercialização de energia ainda possam ser regulados, significando que os custos do lado da oferta e da procura possam ser diferentes. Nos mercados liberalizados os preços tornaram-se mais voláteis ao longo do tempo (um sinal de pronta resposta dos mercados financeiros às condições da indústria) devido a variações no preço do petróleo, a mudanças globais no clima, a mudanças nas relações entre os países internacionais, a normas ambientais mais rigorosas e uma variedade de outros desenvolvimentos. A volatilidade dos preços nos mercados regulados, em contrapartida, tem sido muito menor, uma vez que os comercializadores tendem a visitar os preços com menos frequência e de uma forma mais ponderada que o mercado liberalizado [1].

Em 2011, a União Europeia (UE 27) apresentou o modo como a energia era utilizada em diversos países europeus. Cerca de 32,7% de energia era consumida em edifícios (setor doméstico e serviços), predominantemente em climatização, iluminação, eletrónica e alguma força motriz. Cerca de 30,8% de energia era consumida pela indústria, nomeadamente em força motriz e em calor de processo. A restante parcela de energia era consumida em transportes (32%). Ao comparar com a distribuição do consumo final de energia a nível mundial, a conclusão a que se chegou é que o consumo de energia é semelhante em setores como a indústria, os transportes e os edifícios [2], como se verifica na Tabela 1.

**Tabela 1 – Comparação entre o consumo de energia mundial e na Europa [2]**

<b>Setor de atividade</b>	<b>% de consumo de energia a nível mundial - 2010</b>	<b>% de consumo de energia na Europa (UE 27) - 2011</b>
<b>Indústria</b>	31,00%	30,80%
<b>Transportes</b>	31,00%	32,00%
<b>Edifícios</b>	38,00%	37,20%

Analisando o caso de Portugal, em que o consumo de energia por habitante em 2011 era de 29,31 MWh<sup>1</sup> e considerando que Portugal é um país pouco industrializado, com um clima temperado e sabendo que o consumo *per capita* português representa por exemplo 75% do consumo verificado em Espanha, não se pode considerar um país consumidor excessivo de energia, porque apenas consome 27,82% da energia nos edifícios, 36,24% na indústria e 35,93% nos transportes [2], como indicado na Tabela 2.

**Tabela 2 – Comparação do consumo total de energia e o consumo de eletricidade em Portugal [2]**

	% de consumo total de energia em Portugal - 2011		% de consumo de eletricidade em Portugal - 2011	
	[tep]	[%]	[tep]	[%]
<b>Consumo final</b>	16 960 392	100,00%	4 160 389	24,73%
<b>Indústria</b>	6 146 732	36,24%	1 480 898	8,73%
<b>Transportes</b>	6 094 690	35,93%	67 252	0,40%
<b>Edifícios</b>	4 718 970	27,82%	2 645 865	15,60%

Sabendo que a consciência de travar o crescimento do consumo de energia nos países mais industrializados aumenta, começa-se a apresentar a conservação de energia como um meio a utilizar para satisfazer as necessidades de energia [2].

## 2.1. Conceito de Eficiência Energética

Eficiência Energética envolve medidas tecnológicas que produzem os mesmos ou melhores níveis de serviços de energia (por exemplo, na iluminação, em espaços climatizados, alimentação de motores elétricos, entre outros) usando menos energia. Ou seja, refere-se a mudanças permanentes na utilização de energia elétrica, através da instalação ou da substituição por dispositivos de uso final mais eficientes. Pode ainda representar um funcionamento mais eficaz dos dispositivos existentes que reduzem a quantidade de energia necessária para realizar uma determinada função ou serviço. As tecnologias que compõem as medidas de eficiência são geralmente de longa duração, com o objetivo de poupar energia em todos os momentos em que o equipamento de utilização final está a ser utilizado [5].

<sup>1</sup> Considerando que 1 kWh = 86x10<sup>-6</sup> tep, então 29,31 MWh é igual a 2,52 tep

Esta definição de Eficiência Energética possui três pressupostos [5]:

- 1) os equipamentos existentes são substituídos por equipamentos que usam menos energia, assumindo que não há mudança na operação;
- 2) os novos equipamentos que consomem energia devem desempenhar as suas funções usando menos energia;
- 3) o uso real de energia consumida é reduzida.

Estes pressupostos são muito importantes para compreender a Eficiência Energética e perceber como ela difere de *Demand Response* e, finalmente, perceber como a Eficiência Energética e *Demand Response* se podem relacionar [5].

### 2.1.1. Tipos de programas e estratégias

Os programas de Eficiência Energética são iniciativas de encorajamento que, em muitos casos, fornecem incentivos financeiros e serviços aos consumidores ou contratos para aquisição, instalação e utilização de medidas de Eficiência Energética nas instalações dos próprios consumidores [5], como por exemplos os programas e estratégias apresentados na Tabela 3.

**Tabela 3 – Tipos de programas e estratégias de Eficiência Energética [5]**

---

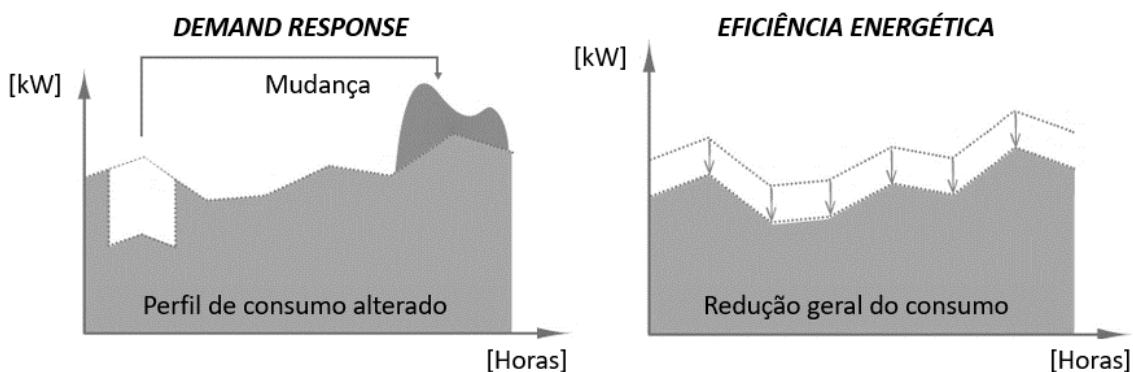
• Descontos para os consumidores que instalaram sistemas de iluminação, motores, equipamentos de climatização eficientes em termos energéticos e que implementaram medidas de reabilitação energética da envolvente de edifícios;
• Financiamento, para compensar o custo inicial das medidas de Eficiência Energética a implementar;
• Parcerias com empresas que vendem e instalam medidas de Eficiência Energética;
• Serviços de manutenção que ajudam a garantir que os sistemas que consomem energia, são utilizados e mantidos corretamente;
• Fornecimento de informação de forma a educar os consumidores finais sobre os benefícios das medidas de Eficiência Energética;
• Aplicação de normas para que eletrodomésticos sejam mais eficientes.

---

## 2.2. Conceito de *Demand Response*

*Demand Response*, refere-se a mudanças consumo de energia elétrica por consumidores finais diferentes do seu perfil normal de consumo, em resposta a mudanças ao preço da eletricidade ao longo do tempo ou para incentivo de pagamentos destinados a induzir menor consumo de energia elétrica no horário onde os preços são mais altos ou a fiabilidade do sistema esteja comprometida [5].

Ao contrário do conceito de Eficiência Energética, que prevê um menor consumo de energia para o mesmo tipo de serviço ou nível de conforto, o conceito de *Demand Response* baseia-se no desvio do consumo de períodos críticos para uns instantes diferentes no tempo onde o consumo é menos crítico para o sistema de energia [3], conforme ilustrado na Figura 1.



**Figura 1 – Ilustração da diferença conceptual entre *Demand Response* e Eficiência Energética (adaptado de [3])**

Através de *Demand Response* os consumidores finais oferecem flexibilidade ao sistema de energia, alterando voluntariamente o seu consumo de energia, reagindo a estímulos específicos e beneficiando simultaneamente das melhorias de serviço. Estas ações podem ser realizadas manualmente ou automaticamente [6], de acordo com o indicado na Tabela 4.

**Tabela 4 – Tipos de ações de *Demand Response* [6]**

<b>Manual</b>	Realizado por consumidores desligando equipamentos elétricos depois de receber notificação de necessidade de um evento de <i>Demand Response</i> ;
<b>Semi-automática</b>	Permite uma redução de intervenção humana, porque utiliza um sistema de controlo centralizado, com estratégias de <i>Demand Response</i> pré-programadas;
<b>Automática</b>	Permite controlar remotamente as cargas ou permite dar início a estratégias de <i>Demand Response</i> pré-programadas no local. Embora seja totalmente automática, sendo capaz de funcionar sem intervenção humana, recomenda-se que os operadores tenham conhecimento do processo e a capacidade de excluir um evento de <i>Demand Response</i> , caso seja necessário.

O conceito de *Demand Response* já está a desempenhar um papel ativo no sistema elétrico há alguns anos, no entanto torna-se mais importante nos dias de hoje, porque o sistema elétrico evoluiu. Historicamente a oferta e a procura de energia eram relativamente simples de prever, mas com a evolução do sistema elétrico nos últimos anos e com a entrada das energias renováveis no “*mix*” de energia, a oferta e a procura de energia ficaram menos previsíveis, levando a que o sistema elétrico se torne mais flexível. Por outro lado, os contadores inteligentes abrem novas possibilidades de inovação do lado da procura de energia, porque através deles consegue-se analisar os diferentes hábitos de consumo dos consumidores [3].

### **2.2.1. Categorias de programas de *Demand Response***

Os programas de *Demand Response* são projetados para alterações no consumo de energia elétrica por consumidores finais relativamente ao seu perfil habitual de consumo. Algumas estratégias de *Demand Response* são implementadas através de tarifas ou aprovadas através de acordos contratuais em mercados livres, variando o preço da eletricidade ao longo do tempo para motivar os consumidores a mudar os seus perfis de consumo. Outros programas de *Demand Response* são, por exemplo, os incentivos para reduzir o consumo elétrico ou para dar permissão ao operador de rede de distribuição para algum nível de controlo sobre os equipamentos mais consumidores de energia [5].

Estes programas são divididos em duas grandes categorias, que são *Demand Response* “baseado em preço”, também designado como *Demand Response* “implícito” e *Demand Response* “baseado em incentivos”, também designado como *Demand Response* “explícito”.

*Demand Response* “baseado em preço”, também designado de *Demand Response* “implícito”, é aplicável a consumidores que optam por ser expostos a preços de eletricidade variáveis, refletindo o valor e o custo da eletricidade em diferentes períodos de tempo. Com essa informação, os consumidores podem decidir desviar o consumo de energia elétrica de períodos com preços mais elevados, reduzindo assim o consumo de energia (pelo menos nestes períodos). Os comercializadores de energia elétrica oferecem vários tipos de preços que variam desde as simples tarifas em horas de vazio e fora de vazio até aos preços altamente dinâmicos por hora. Exemplos disto são as tarifas baseadas no tempo de utilização da rede de distribuição que alguns países já adotaram, com o objetivo de evitar as restrições de rede. Nestas situações o consumidor poderá ser notificado sobre os períodos horários em que o custo é mais elevado e assim reagir para evitar penalizações [3].

*Demand Response* “baseado em incentivos”, por vezes designado por *Demand Response* “explícito”, significa que os resultados das ações de *Demand Response* são vendidos aos mercados de eletricidade, por vezes diretamente para grandes consumidores através de promotores de serviços de *Demand Response*. Os consumidores recebem recompensas/incentivos para alterar o seu perfil de consumo mediante solicitação por parte do operador da rede, para apoiar no funcionamento e equilíbrio da rede elétrica [3].

### **2.2.2. Tipos de programas de *Demand Response***

Dentro das duas grandes categorias de programas de *Demand Response* identificadas (baseado em preço e baseado em incentivos), existem vários tipos de programas diferentes.

Os programas baseados em preços podem ser separados em programas com e sem diferenciação no tempo, sendo que os programas com recurso a diferenciação no tempo são entendidos como um mecanismo para a gestão da procura de energia. Dentro dos programas com diferenciação no tempo, existe a necessidade de desagregar os programas em estáticos e dinâmicos. No caso dos programas estáticos, os períodos horários e preços encontram-se pré-fixados para um período alargado (normalmente um ano) e no caso dos programas dinâmicos, os preços e/ou os respetivos períodos críticos podem ser decididos com uma antecedência curta de poucos dias ou até de poucas horas [7].

Na Tabela 5 pode-se analisar em maior pormenor em que consistem os diferentes tipos de programas de *Demand Response*.

**Tabela 5 – Descrição dos tipos de programas de *Demand Response***

<b>Programas baseados em preços [7]</b>	
<b>Tarifas sem diferenciação no tempo</b>	
<b>Tarifas simples</b>	Preço único por unidade de consumo;
<b>Tarifas por blocos crescentes ou decrescentes</b>	Preços diferenciados que dependem da amplitude de consumo realizada durante um intervalo de tempo (dia, semana ou mês).
<b>Tarifas com diferenciação no tempo</b>	
<b>Tarifas estáticas</b>	
<b>Tarifas <i>Time-of-use</i> (TOU)</b>	Preços diferenciados para diferentes períodos do dia e que estão pré-definidos para um período alargado (normalmente anual). Os exemplos mais frequentes são os tarifários bi-horários e tri-horários;
<b>Tarifas sazonais</b>	Preços diferenciados para diferentes dias do ano e que estão pré-definidos para um período alargado (normalmente anual). Os exemplos mais frequentes são os tarifários com sensibilidade ao dia da semana ou época do ano.
<b>Tarifas dinâmicas</b>	
<b>Tarifas <i>Critical Peak Pricing</i> (CPP)</b>	Tarifas que incluem preços mais elevados a serem praticados nos chamados “períodos críticos”, que são anunciados com uma antecedência curta;
<b>Tarifas <i>Real Time Pricing</i> (RTP)</b>	Tarifas que incluem preços variáveis numa base horária, ou outra de curta duração, tipicamente ligadas a variações nos preços do mercado de produção de energia.
<b>Programas baseados em incentivos [5]</b>	
<b>Controlo direto sobre o consumo</b>	Os consumidores recebem incentivos para permitir que o promotor do programa possua algum nível de controlo sobre os equipamentos mais consumidores de energia;
<b>Programas de licitação</b>	Os consumidores oferecem situações para restringir o consumo quando os preços do mercado são elevados;
<b>Programas de emergência</b>	Quando necessário os consumidores recebem incentivos para redução de consumo, de modo a garantir a fiabilidade da rede;
<b>Programas de capacidade de rede</b>	Os consumidores recebem incentivos para a prestação de reduções de consumo de energia;
<b>Programas de interrupção de fornecimento</b>	Os consumidores recebem descontos por concordarem em reduzir o consumo, quando solicitado pela rede;
<b>Programas auxiliares de mercado</b>	Os consumidores recebem pagamentos do operador da rede, comprometendo-se a reduzir o consumo quando necessário para apoiar o funcionamento da rede elétrica.

### 2.3. Potenciais sinergias e diferenças entre Eficiência Energética e *Demand Response*

Como a Eficiência Energética e *Demand Response* afetam o consumo final de energia, é importante compreender a relação entre Eficiência Energética e *Demand Response*, devido às potenciais sinergias e potenciais diferenças que existem entre estes dois conceitos.

Na Tabela 6 estão descritas as potenciais sinergias entre Eficiência Energética e *Demand Response*.

**Tabela 6 – Potenciais sinergias entre Eficiência Energética e *Demand Response* [8]**

---

• A possibilidade da Eficiência Energética reduzir de forma permanente o consumo de energia, tanto nos períodos de pico como fora dos períodos de pico;
• A forma de reduzir o consumo de energia nos períodos de pico pode ajudar a identificar utilização de energia ineficiente e não essencial, que poderia ser reduzida noutros momentos, originando uma maior poupança de energia;
• As tecnologias que permitem <i>Demand Response</i> poderem ser utilizadas eficazmente para gerir o consumo de energia durante todo o ano;
• A experiência adquirida com as atividades de <i>Demand Response</i> poderem conduzir a uma maior sensibilização para as oportunidades de poupança de energia através da melhoria da Eficiência Energética;
• Os consumidores que participam em determinados programas de <i>Demand Response</i> podem ser os principais candidatos para participar em outros tipos de programas de <i>Demand Side Management (DSM)</i> ;
• As comunicações com os consumidores devem ser mais eficazes no que diz respeito ao uso de energia, evidenciando abordagens integradas à gestão de energia.

---

Neste sentido, a sinergia potencial mais importante entre estes dois conceitos é a participação dos consumidores em programas de *Demand Response*, que ajuda o próprio consumidor a entender melhor o seu consumo de energia e quais os custos associados, incentivando de certa forma a implementar medidas adicionais para conseguir reduzir o consumo de energia das instalações e os seus custos associados [8].

Como o objetivo de *Demand Response* é de reduzir os consumos durante alguns breves períodos ao longo de um ano (quando os preços são altos ou quando a fiabilidade da rede é ameaçada) e por outro lado a Eficiência Energética visa a poupança de energia em todos os momentos do ano, podem haver potenciais diferenças estruturais e institucionais que tendem a criar algum afastamento entre *Demand Response* e a Eficiência Energética para certos tipos de programas e serviços [8].

À medida que os mercados da eletricidade foram reestruturados e tornados mais competitivos, as respectivas responsabilidades e incentivos para certos tipos de ações foram fragmentadas entre um novo conjunto de intervenientes no mercado. Deste modo, os operadores de sistemas independentes estão mais preocupados com os recursos efetivos de *Demand Response*, porque fornecem um recurso valioso para garantir a fiabilidade do sistema, enquanto as comissões reguladoras estão mais preocupadas com os programas e serviços de Eficiência Energética, porque apesar de serem geralmente as principais impulsionadoras deste tipo de programas, o seu financiamento e a estrutura pode ocorrer de forma independente, tornando difícil coordenar e integrar múltiplos objetivos do programa [8].

Apesar das potenciais diferenças, existem razões conceptuais para acreditar que os programas podem ser projetados para direcionar tanto *Demand Response* como a Eficiência Energética, através da promoção de tecnologias integradas ou independentes. Hoje em dia existem tecnologias capacitadas para *Demand Response* que podem também ser utilizadas para alcançar objetivos de poupança de energia, como por exemplo os sistemas de gestão e controlo de energia. Contudo, na maioria dos casos, será necessária a promoção de tecnologias específicas de Eficiência Energética, com a finalidade de obter os verdadeiros ganhos relativos à Eficiência Energética. Ao coordenar os conceitos de *Demand Response* e Eficiência Energética na conceção do programa, os consumidores poderiam beneficiar de soluções integradas às suas necessidades de redução de encargos energéticos e benefícios conexos, tais como a melhoria da gestão e o controlo das instalações [8].

## **2.4. A importância de *Demand Response***

Devido às suas propriedades físicas, a energia elétrica não é economicamente armazenável em grandes sistemas de energia, logo significa que a capacidade da rede disponível em qualquer momento deve ser igual ou superior à procura de energia pelos consumidores em tempo real. Sabendo que a energia elétrica possui poucos substitutos para determinadas utilizações finais (como por exemplo a refrigeração e a iluminação) e o custo marginal de fornecimento de energia é extremamente variável porque a procura de energia flutua de forma cíclica com a hora do dia e a estação do ano e com eventos imprevisíveis (por exemplo, temperaturas extremas), a maioria dos consumidores enfrenta tarifas de utilização que representam os custos médios da produção, do transporte e da distribuição de energia elétrica [9].

Esta desconexão entre os custos de produção de energia elétrica e as tarifas de consumo de energia pagas pelos consumidores leva a uma utilização ineficiente dos recursos, uma vez que os consumidores não veem em curto prazo de tempo qualquer incentivo subjacente para ajustar a sua procura de energia mediante a oferta disponível. Como resultado, os encargos com a energia elétrica podem ser maiores do que o previsto, para responder às exigentes necessidades dos consumidores. A longo prazo, o impacto da resposta insuficiente à procura pode ser ainda maior na medida em que a procura de pico pode não resultar em investimentos de longo prazo na capacidade da rede. Um benefício importante da resposta à procura é evitar investimentos de capacidade da rede para atender à procura de energia apenas em algumas horas por ano [9].

A resposta à procura oferece benefícios de fiabilidade da rede em curto prazo de tempo, permitindo o descongestionamento para resolver problemas no sistema e/ou no local devido a restrições de capacidade da rede. Por exemplo, durante uma emergência do sistema elétrico ou devido a reservas de energia baixas, pode ser necessário que o operador de rede preserve a integridade da rede ou evite apagões em cascata, reduzindo seletivamente o consumo de energia a consumidores que possuem perdas de serviço com impacto monetário reduzido ou a consumidores que voluntariamente participam num programa de emergência de *Demand Response*. É também possível utilizar tarifas que variam no tempo, por exemplo as tarifas RTP, para proporcionar um alívio de carga que poderá ajudar a resolver as restrições de capacidade da rede, uma vez que os consumidores respondem a preços elevados no horário de ponta [9].

*Demand Response* consiste num conjunto de atividades de programas dependentes do tempo e de tarifas que procuram reduzir o consumo de energia elétrica ou mudar a sua utilização para outro período de tempo. Permite também fornecer sistemas de controlo que incentivam por exemplo o desvio do consumo em momentos em que a rede elétrica está perto da sua capacidade máxima ou os preços de eletricidade são altos. Esta perspetiva permite gerir os custos de eletricidade e melhorar a fiabilidade da rede elétrica [10].

## 2.5. Custos e benefícios de *Demand Response*

Os custos de realização de *Demand Response* podem ser distinguidos como custos de participante e custos de sistema, conforme descrito na Tabela 7. Os consumidores individuais incorrem nos custos de participante e os promotores de programas de *Demand Response* incorrem em custos de sistema, de modo a criar a infra-estrutura necessária para lançar e apoiar a resposta à procura, incluindo o pagamento de incentivos aos consumidores. Os custos de sistema podem ser recuperados junto dos contribuintes ou, em alguns casos, através de encargos associados a “benefícios públicos” nas faturas de eletricidade. As decisões de recuperação de custos são normalmente feitas com as entidades reguladoras [9].

**Tabela 7 – Custos de *Demand Response* [9]**

Tipo de custo		Custo	Responsabilidade
Custos de participante	Custos iniciais	Possíveis eventos tecnológicos	Pagos pelo consumidor; Os incentivos podem ser disponibilizados através de benefícios públicos ou através de programas de <i>Demand Response</i> .
		Implementação de um plano de resposta ou estratégia	Pagos pelo consumidor; A assistência técnica pode ser disponibilizada através de benefícios públicos ou através de programas de <i>Demand Response</i> .
	Custos de eventos específicos	Custos de conforto/inconveniência	O consumidor tem “custos de oportunidade” de utilização de eletricidade.
		Redução de comodidade/Perda de negócios	
		Reagendamento de custos	
Custos de manutenção			
Custos de sistema	Custos iniciais	Atualizações do sistema de medição e comunicação	Nível de custos e responsabilidade de custo variam de acordo com o âmbito da atualização.
		Custos de equipamento ou <i>software</i>	Pagos pelo consumidor através de taxas.
		Atualizações do sistema de faturação	
		Educação ao consumidor	Contribuintes e benefícios públicos.
	Custos de progressão de programas	Programa de gestão	Os custos são incorridos pelo fornecedor de energia e são recuperados através dos contribuintes.
		Marketing/Recrutamento	
		Pagamentos aos consumidores participantes	
		Avaliação do programa	
		Medição/Comunicação	

Os benefícios de *Demand Response* podem ser classificados em três categorias funcionais: benefícios diretos, benefícios colaterais e outros benefícios, de acordo com a Tabela 8. Os consumidores que ajustam o seu consumo de energia elétrica em resposta a preços ou em resposta a incentivos de programas são quem beneficia diretamente de ações de *Demand Response*, porque o fazem principalmente para obter benefícios financeiros. Alguns ou todos os consumidores de energia, são favorecidos com os designados benefícios colaterais, porque são os benefícios que têm impactos em todo o sistema e que fornecem a principal motivação para o interesse das políticas de mercado nos programas de *Demand Response*. A resposta à procura pode acarretar vários outros benefícios para alguns consumidores, mas não são facilmente quantificáveis ou monitorizados como são os benefícios diretos e os colaterais [9].

**Tabela 8 – Benefícios de *Demand Response* [9]**

<b>Tipo de benefício</b>	<b>Destinatários</b>	<b>Benefício</b>		<b>Descrição</b>
<b>Benefícios diretos</b>	Consumidores que exigem resposta a ações	Benefícios financeiros		Poupanças de energia económicas; Pagamentos de incentivo (procura baseada em incentivos de resposta).
		Benefícios de fiabilidade		Reduzida exposição a interrupções forçadas; Oportunidade de auxiliar na redução do risco de interrupções do sistema.
<b>Benefícios colaterais</b>	Alguns ou todos consumidores	Impactos de mercado	Curto prazo	Preços marginais reduzidos de forma rentável durante os eventos; Impactos em cascata sobre a capacidade de curto prazo e os preços dos contratos.
			Longo prazo	Custos de capacidade evitados (ou diferidos); Atualizações da infraestrutura de transporte e distribuição evitada (ou diferida); Necessidade reduzida de intervenções no mercado.
		Benefícios de fiabilidade		Redução da probabilidade e das consequências das interrupções; Recursos diversificados disponíveis para manter a fiabilidade do sistema.
<b>Outros benefícios</b>	Alguns ou todos consumidores	Mercado de comercialização de energia mais robusto		As opções baseadas no mercado oferecem inovação em mercados mais competitivos.
		Melhor escolha		Consumidores podem escolher as opções tarifárias mais vantajosas para a gestão do seu consumo de energia.
		Desempenho do mercado		A procura de energia reduz a capacidade de poder dos mercados.
		Possíveis benefícios ambientais		Redução das emissões no sistema elétrico.
		Independência energética		Recursos locais reduzem a dependência da oferta.

## 2.6. O papel de *Demand Response* em sistemas de energia elétrica

Ao avaliar os benefícios de *Demand Response*, é importante que os decisores conheçam a infra-estrutura física e os requisitos operacionais necessários para construir e operar de forma fiável um sistema de energia elétrica, bem como as diferenças estruturais dos mercados e a organização do setor elétrico. Em todas as estruturas de mercado, a gestão dos sistemas de energia elétrica é largamente moldada por duas propriedades físicas importantes da produção de eletricidade. Em primeiro lugar, a energia elétrica não é economicamente armazenável, o que exige a manutenção do equilíbrio entre oferta e a procura de energia em tempo real. Em segundo lugar, o investimento em sistemas de produção e transporte de energia são projetos grandes e complexos com expectativa de vida económica de várias décadas que muitas vezes levam muitos anos para desenvolver e construir [9].

Como a energia elétrica não é economicamente armazenável e a entrega aos consumidores ocorre em tempo real, as opções de *Demand Response* podem ser implementadas em toda a gestão do sistema elétrico podendo ser coordenadas com os mecanismos de fixação de preços, de forma a alertar os consumidores das oportunidades de redução de consumos em tempo real. A Eficiência Energética é um recurso do lado da procura que pode ser integrado e valorizado como um processo de planeamento do sistema elétrico e as medidas de Eficiência Energética muitas vezes criam impactos permanentes na poupança de energia. Se os consumidores responderem às mudanças no preço da eletricidade, os programas de *Demand Response* baseados em preços podem ser incorporados no planeamento do sistema elétrico em diferentes escalas de tempo e os programas de *Demand Response* baseados em incentivos podem ser introduzidos praticamente em todas as escalas de tempo [9], conforme apresentado na Figura 2.

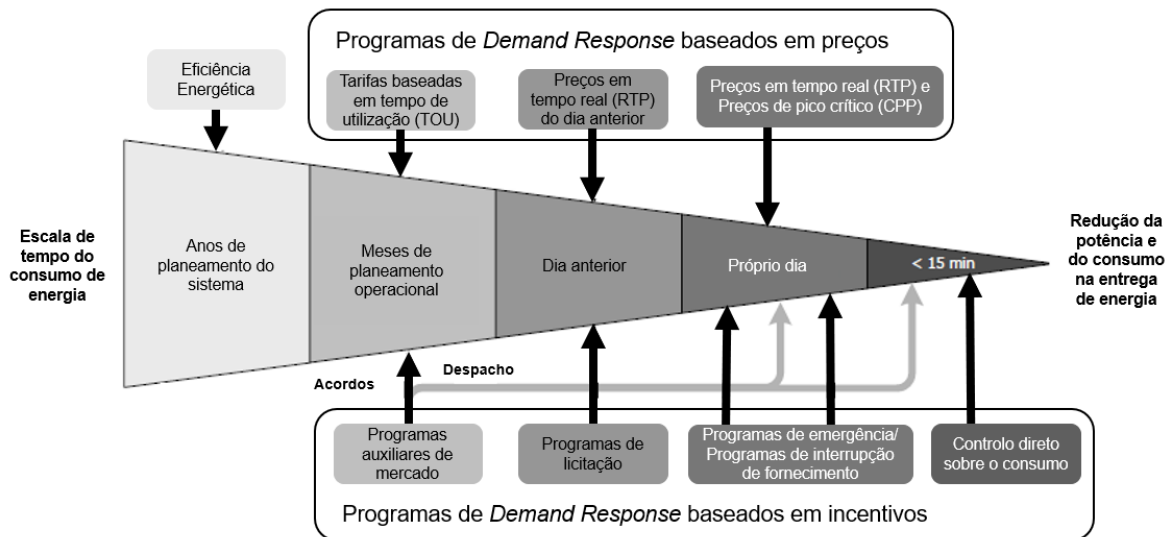


Figura 2 – Papel dos programas de *Demand Response* no planeamento e operação do sistema elétrico (adaptado de [9])

## 2.7. Os principais desafios para o sucesso de *Demand Response*

Sabendo que atualmente os mercados de eletricidade estão em diferentes fases do processo de liberalização, em que alguns já foram totalmente liberalizados, outros estão apenas no começo e outros ainda não iniciaram a sua reestruturação, e sabendo que esta situação provoca que alguns aspetos de produção e distribuição ainda possam ser regulados, faz com que a capacidade de realizar investimentos em infra-estruturas, dependa em grande parte da volatilidade dos preços de eletricidade do lado da oferta. Como nos mercados liberalizados os preços tornaram-se mais voláteis ao longo do tempo do que nos mercados regulados, a tendência de instabilidade/volatilidade de preços deverá continuar, sendo necessário incluir medidas para estimular o investimento ou para reduzir o grau de incerteza em relação ao investimento ideal em infra-estruturas, como por exemplo o aumento da capacidade da rede [1].

*Demand Response* pode ser uma opção viável para este fim. Em combinação com incentivos ao investimento (por exemplo, requisitos de produção, disposições de recuperação, entre outros), *Demand Response* pode reduzir a incerteza da oferta no curto prazo, redistribuindo a procura dos períodos de pico para fora deste período ou reduzindo a procura agregada [1].

Mesmo com uma variedade de ganhos potenciais para ambos os lados do mercado (oferta e procura), os programas de *Demand Response* ainda não ganharam um lugar permanente em muitos setores de energia. Nesse sentido os principais desafios que os programas de *Demand Response* possuem, podem ser divididos em barreiras do consumidor, barreiras do promotor e barreiras estruturais [1].

### **2.7.1. Barreiras do consumidor**

Do lado do consumidor, as principais barreiras para iniciar um programa de *Demand Response* são o conhecimento e a disponibilidade da tecnologia.

A generalizada falta de conhecimento acerca do funcionamento dos mercados de eletricidade é uma realidade. Poucas pessoas sabem o que representa uma unidade de medida de consumos de energia (kWh), algumas pessoas não sabem a quantidade de energia elétrica que consomem mensalmente, muito menos sabem qual é o seu perfil de consumo. Até à data, os comercializadores de energia elétrica nada fizeram para que o nível de conhecimento das pessoas aumentasse. Aliado ao facto de que a maioria dos programas de *Demand Response*, até à data, têm sido apenas estudos-piloto limitados a um número de participantes, leva a que a existência e os benefícios potenciais destas iniciativas obtenham níveis de resposta inferiores aos desejados. Além disso, o conhecimento limitado dos mercados de eletricidade, apenas leva a um desenvolvimento lento dos programas de *Demand Response*, retardando o desenvolvimento do mercado e o desenvolvimento de medidas governamentais para promover programas desta natureza [1].

Uma primeira solução para mitigar o problema da falta de conhecimento passa por uma medida política para a criação de um diálogo público sobre energia que, em conjunto com novas regulamentações sobre programas de *Demand Response*, consiga atingir a meta desejada e alterar o comportamento social em direção à redução de consumo de energia. Embora o aumento da publicidade direta e o aumento dos esforços para compensar alguns dos problemas de conhecimento possa também aumentar o custo de programas de *Demand Response*, a combinação com a educação para a participação em programas também pode ser uma solução. Neste sentido, os consumidores de energia elétrica precisam saber a quantidade de energia consumida permitindo que os comercializadores de energia possam monitorizar em tempo real os perfis de

consumo, para distribuir corretamente os incentivos financeiros. Contudo, sabendo que os programas de *Demand Response* dependem de incentivos e de custos para influenciar os perfis de consumo dos consumidores finais, deve também ser considerado o impacto das poupanças nas despesas financeiras globais do consumidor, porque fornecer um incentivo nem sempre é suficiente. Se o custo da energia elétrica constitui uma pequena percentagem das despesas totais dos consumidores, pode não valer a pena os consumidores investirem na compreensão dos preços variáveis no tempo que os programas de *Demand Response* oferecem [1].

### **2.7.2. Barreiras do promotor**

Do lado do promotor, as principais barreiras para iniciar um programa de *Demand Response* são financeiras. Atualmente não há medidas destinadas a facilitar a recuperação do investimento inicial dos promotores, mesmo quando estamos perante programas que promovem a conservação e uso eficiente de energia elétrica. Como resultado, se um promotor não tem certeza de que será capaz de recuperar o seu investimento inicial, não vai criar um programa que poderia trazer benefícios futuros para todo o setor. De forma a garantir que os investimentos conduzem a benefícios, uma das soluções passa pelos governos serem canais de recuperação do investimento inicial, dando subsídios aos promotores, por exemplo sob a forma de abatimentos fiscais [1].

### **2.7.3. Barreiras estruturais**

O desenvolvimento de sofisticados programas de *Demand Response*, com estruturas tarifárias complexas provou ser ao longo dos anos muito difícil. Enquanto algumas regiões ainda dependem de programas de emergência, outras tentaram com êxito um misto de estruturas adequadas, baseadas em tarifas variáveis no tempo e regimes de incentivos, para implementar desvios de consumo consideráveis durante os períodos de congestionamento. Por exemplo na China, o sucesso de *Demand Response* no país foi travado por uma estratégia de preços que não apresentava a melhor estrutura possível. Em 2011 a política do país determinava que o preço médio da eletricidade nas regiões onde são aplicadas tarifas baseadas em períodos de utilização (tarifas TOU), deveria ser igual ao preço médio da energia elétrica em zonas sem diferenciação de tarifas a nível temporal [1].

Isto significa que qualquer redução no consumo de energia elétrica total, resultará numa perda de receita para as empresas comercializadoras e em combinação com os incentivos estruturais, qualquer motivação para investir em iniciativas de *Demand Response* será eliminada. Existem outros projetos-piloto de *Demand Response* que não atingiram bons resultados, porque as diferenças de tempo das tarifas de utilização estabelecidas em vários períodos de utilização foram insuficientes para induzir qualquer mudança no perfil de consumo [1].

Como a resposta do consumidor às tarifas variáveis depende de variações regionais e demográficas, tais como rendimentos, níveis de educação, condições climáticas, entre outros, elaborar uma estrutura de tarifas deve ser considerado um processo contínuo. As tarifas variáveis devem ser continuamente ajustadas, para maximizar os níveis de resposta com base no congestionamento e para induzir mudanças na utilização de energia [1].

Uma vez estabelecida uma estrutura tarifária adequada, os reguladores têm a necessidade de continuar a ter em conta as variações sazonais, industriais e macroeconómicas. As revisões regulares das tarifas de utilização asseguram a suprimir picos intemporais pela procura de energia, reduzindo o congestionamento na rede e reduzindo os custos da produção de energia elétrica [1]. Por exemplo, em Portugal no seguimento da revisão de 2014 do regulamento tarifário do setor elétrico, foi realizada uma consulta pública com o intuito de implementar tarifas dinâmicas, através de quatro projetos-piloto [7].

## 2.8. Experiência de *Demand Response* na Europa

As diretivas do Parlamento e do Conselho Europeu conduziram à liberalização dos mercados da energia na União Europeia (UE), estabelecendo as condições necessárias para a criação de um mercado internacional de eletricidade (IEM) na Europa, mas evitou especificar um único modelo de mercado. Em vez disso, a UE concedeu aos seus Estados-Membros a definição dos seus próprios mercados e das suas condições regulamentares, desde que os objetivos mais amplos, como o acesso de terceiros aos mercados nacionais e a introdução da concorrência fossem adotadas. Um dos objetivos principais era que os utilizadores finais, beneficiassem de preços de energia mais baixos e uma melhor qualidade de serviço. Com o processo de liberalização, instituído pelas Diretivas 96/92/CE<sup>2</sup> e 98/30/EC<sup>3</sup>, a rápida transição para a reestruturação e privatização dos mercados de energia em muitas partes da Europa desde o final da década de 80 teve um efeito misto sobre as atividades do lado da *Demand Side Management* (DSM), incluindo *Demand Response* [11].

Como se sabe em 2020 as metas europeias visam alcançar uma quota de 20% na redução do consumo de energia primária, 20% de redução das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) e uma quota de 20% da produção de eletricidade a partir de fontes de renováveis, contudo não é suficiente e são necessárias adotar mais medidas destinadas à racionalização da utilização da energia, para além das já existentes (como por exemplo, novas tecnologias de energia renovável e sistemas energeticamente mais eficientes) [11]. Devido a esta necessidade, já está em vigor um plano para 2030, que prevê uma quota de 32,5% na redução do consumo de energia primária, 40% de redução das emissões de GEE e uma quota de 32% da produção de eletricidade a partir de fontes de renováveis [12].

A consciencialização destes indicadores pode justificar a intervenção da UE em iniciativas de *Demand Response*, contudo as conceções e as políticas de mercado em vigor em vários países europeus, não promoveram as inovações ou oportunidades para a *Demand Response*, porque alguns dos programas em vigor na UE concentraram-se nos grandes consumidores comerciais e domésticos. Nos

---

<sup>2</sup> Diretiva 96/92/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Dezembro de 1996, que estabelece regras comuns para o mercado interno da eletricidade foi revogada pela Diretiva 2003/54/CE, de 26 de Junho de 2003, que por sua vez foi revogada pela Diretiva 2009/72/CE, de 13 de Julho de 2009

<sup>3</sup> Diretiva 98/30/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de Junho de 1998, que estabelece regras comuns para o mercado interno do gás natural foi revogada pela Diretiva 2003/55/CE, de 26 de Junho de 2003, que por sua vez foi revogada pela Diretiva 2009/73/CE, de 13 de Julho de 2009

últimos 20 anos, os comercializadores de energia desencadearam mecanismos de redução de consumo em grandes consumidores industriais, para reduzir a procura de energia durante os períodos de pico, utilizando para isso programas normalmente baseados em tarifas fixas que poderiam ser alteradas para opções com tarifas dinâmicas, baseados em preços variáveis numa base horária e em programas de interrupção de fornecimento de energia [11].

Na Tabela 9, estão descritas aplicações de *Demand Response* em determinados países da União Europeia.

**Tabela 9 – Aplicação de *Demand Response* na Europa**

<b>País</b>	<b>Descrição</b>
Suécia	Na Suécia esteve em vigor uma lei temporária, entre 2003 e 2008, para as reservas de pico de energia, que se baseou em estudos sobre <i>Demand Response</i> , tendo-se verificado que a maioria das indústrias suecas seria capaz de enfrentar reduções entre 30 min e 3h por dia. A lei foi estabelecida pelo Governo Sueco, a fim de garantir capacidade de reserva nas horas de pico. Após o período da lei temporária, foi realizada uma avaliação de como os participantes utilizaram os seus intervalos de redução para preparar o caminho para uma solução a implementar no mercado [11].
Finlândia	Na Finlândia, os programas de interrupção de fornecimento de Energia têm vindo a ser usados como reserva por vários anos. Em 2005, o potencial de recuperação de Energia através de ações de <i>Demand Response</i> foi estimado em 1.280 MW o que representava 9% do pico da procura de Energia. Em 2008, a principal companhia de eletricidade finlandesa investiu em sistemas de leitura através de contadores inteligentes, para efetuar a leitura automática, controlar e gerir todos os seus 60.000 pontos de medição de consumidores [11].
França	Em França, optou-se por um exemplo típico de programa que faz uso de preços diferentes de acordo com os períodos de consumo. Cerca de 350.000 consumidores residenciais e mais de 100.000 consumidores empresariais, utilizam a tarifa de tempo de utilização, onde os preços alteram de acordo com as horas em que se consome, utilizando um sistema de cores que verifica se as horas de consumo estão dentro ou fora do horário de pico [11].  Este programa pode ser classificado como uma combinação de uma tarifa bi-horária com uma tarifa CPP e tem subjacente uma classificação dos dias do ano em três categorias de acordo com um código de cores (azul, branco e vermelho), em que os dias azuis terão os preços de energia mais baixos e os dias vermelhos os preços mais elevados. Neste caso em particular, os consumidores reduziram em média 10% da sua fatura de eletricidade [7].

País	Descrição
Reino Unido	<p>No Reino Unido, os níveis de consumo e a liberalização dos mercados foram elementos vitais para a compreensão do estado de <i>Demand Response</i>. Os programas específicos de <i>Demand Response</i> estão em vigor há alguns anos no Reino Unido, onde o setor industrial e os consumidores intensivos de energia podem acordar condições de utilização e/ou contratos com os comercializadores, da mesma forma, que o operador da rede pode ter um certo nível de controlo sobre as atividades do consumidor [11].</p> <p>Neste mercado foram implementadas dois tipos de tarifa TOU, que se designam por <i>Economy 7</i> e <i>Economy 10</i>. Estes tarifários caracterizam-se pela existência em cada dia de um período de fora de ponta de 7 e 10 horas, respetivamente, com preços mais reduzidos para a energia. No caso da <i>Economy 7</i> o período fora de ponta está situado durante a noite, enquanto na <i>Economy 10</i> o período das 10 horas está dividido entre a noite (5 horas), a tarde (3 horas) e o fim do dia (2 horas). A tarifa <i>Economy 7</i> surgiu em 1978 e tinha como principais destinatários consumidores com acumuladores de calor elétricos e caldeiras elétricas, uma vez que estes estariam melhor colocados para deslocar uma parte significativa do seu consumo para os períodos de menor procura. A tarifa <i>Economy 10</i> surgiu apenas no ano 2004 e coexiste atualmente com a <i>Economy 7</i>, procurando fornecer uma localização dos períodos de menor preço que seja mais conveniente para os consumidores [7].</p>
Espanha	<p>Em Espanha, programas baseados em preços estão em vigor há algum tempo, como por exemplo as tarifas de tempo de utilização (TOU) que fornecem sinais económicos para <i>Demand Response</i>, com o objetivo de dissuadir consumidores industriais de consumir energia elétrica durante os horários de pico, para evitar o aumento da procura de energia e o custo de energia das suas contas de eletricidade [11].</p> <p>Em Espanha, desde 1988 existe um programa denominado de “Controlo de Carga Direta”, onde alguns grandes consumidores industriais (cerca de 200 indústrias com uma procura de energia superior a 5 MW) podem escolher voluntariamente tarifas especiais. Neste programa o fornecedor de energia pode solicitar a essas indústrias que limitem a procura de energia durante períodos de tempo que variam entre 45 min e 12 h, com a condição de que os consumidores industriais sejam avisados antecipadamente. O número máximo anual de horas e solicitações de reduções de procura de energia é definido antecipadamente para cada consumidor final. A cada ano, os consumidores industriais recebem um desconto tanto em custos fixos quanto variáveis, de acordo com o número de pedidos para reduzir a procura de energia. O promotor só deverá utilizar este mecanismo, quando há desequilíbrios físicos entre oferta e procura de energia, porque tem de explicar e justificar as razões para as reduções de procura de energia sempre que forem solicitadas aos consumidores finais [11].</p> <p>Desde 2002, também existe um programa designado de “Gestão Flexível de Interrupção” que estima a capacidade total de interrupção do sistema em cerca de 2.600 MW, sendo a capacidade de interrupção instantânea considerada maior que 1.000 MW [11].</p>

País	Descrição
Itália	<p>Numa análise à <i>Demand Response</i> na Itália, deteta-se que a maior parte da informação existente tem sido dedicada à medição inteligente. Em Itália 90% das instalações já possui contadores inteligentes, contudo existem outros programas de <i>Demand Response</i> onde se deve dar mais importância [11].</p> <p>No caso dos programas de interrupção de fornecimento que são aplicados a indústrias muito grandes, os consumidores são obrigados a reduzir o seu consumo de energia para valores predefinidos e os programas de emergência que têm efetivamente a possibilidade de cortar remotamente o consumo num curto prazo. A grande diferença entre estes dois programas é que para os programas de interrupção de fornecimento, os consumidores que não respondem podem enfrentar penalidades [11].</p> <p>A Itália também utilizou as tarifas de tempo de utilização (TOU) por vários anos, onde experimentou variações significativas no tempo de utilização para o fornecimento de energia elétrica, onde parte do potencial associado à transferência de cargas para horas onde o preço é mais baixo foi implementada por muitas indústrias para obter perfis horários mais convenientes [11].</p>

## 2.9. Estratégias de *Demand Response* em edifícios de serviços

As estratégias de *Demand Response* fornecem metodologias de controlo que incentivam por exemplo o desvio do consumo de energia em épocas em que a rede elétrica está perto da sua capacidade ou os preços da eletricidade são altos [10].

O objetivo de estratégias de *Demand Response*, para além de permitir o cumprimento de metas de poupança de energia elétrica, permite também minimizar quaisquer impactos negativos sobre os ocupantes dos edifícios ou nos processos associados. Em alguns casos, reduções ao nível de serviço melhoraram o conforto ou a produtividade dos ocupantes e noutros casos suscitam melhorias permanentes em Eficiência Energética que foram descobertas através do planeamento e implementação de estratégias de *Demand Response*. Embora as medidas de Eficiência Energética possam ser usadas durante as operações normais num edifício, as medidas de *Demand Response* são transitórias, porque são utilizadas para produzir uma redução temporária no nível de serviço em instalações, como por exemplo no sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC) e no sistema de iluminação. Estes são os sistemas mais usuais de ajustar para obter resultados através de *Demand Response* em edifícios de serviços e as estratégias de *Demand Response* que estão disponíveis para uma dada instalação são baseados

em fatores como o tipo de AVAC, o tipo de iluminação, o tipo de sistema de gestão de energia e de controlo instalados no local [6].

Através de estratégias de *Demand Response*, os edifícios podem permitir maior flexibilidade no diagrama de carga e contribuir para atender a necessidades da oferta e da procura de energia [13].

### **2.9.1. Estratégias relativas aos sistemas AVAC**

Os sistemas de AVAC podem ser um excelente recurso para se obterem poupanças através de *Demand Response*, porque em edifícios de serviços representam um consumo substancial, muitas vezes superior a 1/3 do consumo total da instalação. A inércia térmica em ambientes internos, permite que os sistemas de AVAC possam ser temporariamente desligados sem impacto imediato para os ocupantes do edifício e é comum este tipo de sistemas serem, pelo menos, parcialmente automatizados por sistemas de controlo instalados no local [6].

No entanto, existem desafios técnicos para obter estratégias de *Demand Response* na utilização de sistemas AVAC em instalações. Estes sistemas são projetados para fornecer ventilação e conforto térmico para os espaços ocupados, sendo que os modos operacionais que fornecem níveis reduzidos de serviço e conforto, raramente são incluídos no projeto original destas instalações. Para fornecer uma estratégia de *Demand Response* fiável e repetível é melhor planear previamente e automatizar os modos operacionais que permitam obter maiores poupanças. O recurso a automação vai reduzir o trabalho necessário para implementar os modos operacionais de *Demand Response* quando são solicitados, além disso, a prontidão da resposta será tipicamente melhorada [6].

As estratégias de *Demand Response* para sistemas de AVAC variam de acordo com o tipo e estado do edifício, os equipamentos e sistemas instalados, os perfis de utilização, eventuais opções de gestão de energia e dos sistemas de controlo instalados [14],[15]. Com base nesses fatores, as melhores estratégias de *Demand Response* são aquelas em que se consegue atingir os objetivos acima referidos e as que conseguem cumprir metas de poupança de energia elétrica, minimizando os impactos negativos sobre os ocupantes dos edifícios ou

sobre os processos associados. Neste sentido, estratégias como o ajuste da temperatura global das zonas e o ajuste centralizado para os sistemas de arrefecimento ou distribuição de ar são priorizadas de modo a alcançar esses objetivos [6].

### **2.9.2. Estratégias relativas aos sistemas de iluminação**

Os sistemas de iluminação também podem ser eficazes para se obterem poupanças através de *Demand Response*. Por exemplo num dia de verão, quando existe luz natural em abundância, os edifícios são os melhores candidatos para obter poupanças de energia através da iluminação. Como a iluminação produz calor, a redução dos níveis de iluminação promove a redução do consumo de energia para arrefecer o espaço. As estratégias de *Demand Response* de iluminação, tendem a ser simples e dependem amplamente das infra-estruturas dos circuitos de iluminação e dos sistemas de controlo. No entanto, uma vez que a iluminação tem implicações de segurança e as estratégias tendem a ser perceptíveis, devem ser realizadas de forma seletiva e cuidadosa, considerando as tarefas no espaço e os de níveis de iluminação para os ocupantes [10].

Neste sentido, os sistemas de iluminação representam um elevado potencial para estratégias de *Demand Response*, porque os sistemas de iluminação possuem um consumo substancial nos edifícios comerciais. Estes sistemas podem representar mais de 30% do consumo total da instalação e a iluminação não gera nenhum efeito negativo durante a transição dos eventos de *Demand Response* para o estado normal. Muitos edifícios já possuem comutação a dois níveis (segregação de circuitos), permitindo que se tenha ligado 1/3, 2/3 ou a iluminação toda numa determinada zona de trabalho [6].

No entanto, existem grandes impedimentos para que os sistemas de iluminação sejam utilizados como estratégias de *Demand Response*, porque poucos edifícios de serviços têm controlo centralizado de sistemas de iluminação. Mesmo os edifícios com controlo centralizado de sistemas de iluminação não são necessariamente controlados de uma forma correta, devendo permitir uma redução no serviço de iluminação adequado à efetiva ocupação [6].

O conhecimento da complexidade do sistema de controlo centralizado é um fator muito importante na determinação da utilidade de sistemas de iluminação

para *Demand Response*. O grande potencial para uso generalizado de sistemas de iluminação como *Demand Response*, somente será generalizado quando existirem mais sistemas de iluminação instalados ou atualizados para ter as seguintes características [6]:

- 1) Comandos centralizados;
- 2) Zonas que permitam que o nível de luz seja reduzido com algum grau de resolução, sem prejudicar minimamente os ocupantes do edifício;
- 3) Flexibilidade para vários cenários de utilização final.

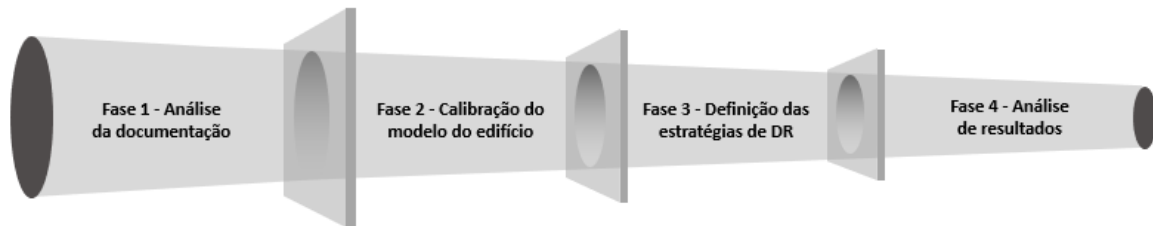
### **2.9.3. Estratégias relativas a equipamentos diversos**

Também existe um grande potencial de poupança para certos equipamentos em edifícios de serviços, comerciais e/ou industriais. Exemplo desses equipamentos são bombas elétricas e de água, aquecedores, carregadores de veículos elétricos, cargas de processos industriais, equipamentos de armazenamento de frio, elevadores, entre outros, passíveis de serem desligados durante um período em que se está a realizar a estratégia de *Demand Response*, sem comprometer o processo ou pôr em causa o conforto do consumidor [10].

## 3. Caso de estudo

### 3.1. Metodologia aplicada

De acordo com os objetivos propostos, a metodologia aplicada neste trabalho foi baseada em quatro fases, de acordo com o esquema apresentado na Figura 3.



**Figura 3 – Metodologia aplicada**

A primeira fase consistiu na análise da documentação disponível, nomeadamente a análise dos consumos de energia elétrica e térmica (para aquecimento e arrefecimento) relativos aos anos de 2014 e 2015, a análise dos dados de monitorização dos quadros elétricos e a análise dos sistemas de iluminação.

A segunda fase consistiu na reformulação do modelo do edifício com vista à calibração, através do software *DesignBuilder*. Esta reformulação teve como base a documentação analisada, de forma a que se pudesse reproduzir o perfil de consumo de energia do edifício estudado. Nesta fase realizaram-se várias simulações (quer do modelo existente do edifício, quer do modelo reformulado), onde se redefiniram alguns parâmetros como as temperaturas de referência e a iluminância em cada zona térmica, a quantidade de ar novo, a densidade real dos equipamentos, a densidade real da iluminação e os perfis de utilização relativos à ocupação, aos outros equipamentos, ao sistema de iluminação e ao sistema de AVAC.

A terceira fase é relativa à definição das estratégias de *Demand Response* a simular, com o objetivo de aumentar a flexibilidade do diagrama de carga do edifício e se possível melhorar o seu desempenho energético. A definição das estratégias consiste na avaliação do impacto destas no consumo total de energia do edifício, através da análise desagregada de diversos sistemas ativos existentes. As estratégias incidiram em sistemas ativos como o sistema de ventilação, o sistema de iluminação e incorporaram ainda o dimensionamento de um sistema de produção descentralizada de energia elétrica.

A quarta fase diz respeito à análise de resultados, de forma a permitir uma avaliação crítica dos resultados obtidos nas várias simulações realizadas.

### **3.2. Descrição do edifício estudado**

O edifício estudado localiza-se no distrito de Lisboa, mais concretamente no Parque das Nações. O edifício estudado possui oito pisos acima do solo e três abaixo do solo construído em 2007 e localizado em Lisboa. Constituído por uma área total de construção de cerca de 13.000 m<sup>2</sup>, onde cerca de 7.000 m<sup>2</sup> são de escritórios e cerca de 5.000 m<sup>2</sup> de estacionamento subterrâneo.

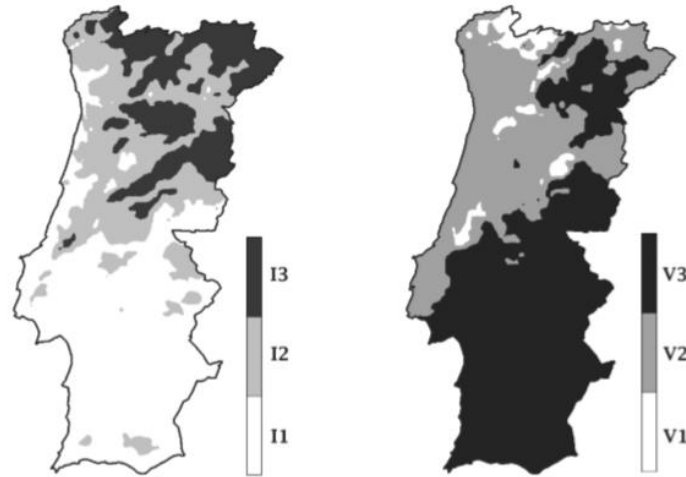
A envolvente do edifício é maioritariamente envidraçada. As restantes paredes exteriores são de betão com espessura de 0,30 m. A cobertura do edifício é constituída por placa horizontal em betão armado, XPS e uma camada de seixo rolado.

A climatização do edifício é assegurada a partir de uma central de trigeriação, sendo a energia distribuída sob a forma de água arrefecida e água aquecida. A transferência da energia entre a rede de distribuição e o edifício é efetuada na subestação existente no piso -2, por meio de permutadores de calor, do tipo placas, para o circuito de distribuição do edifício a quatro tubos. A ventilação é assegurada por duas unidades de tratamento de ar (UTAs) com possibilidade de aquecimento e arrefecimento do ar.

Na Tabela 10, Tabela 11 e Figura 4, é identificada a localização do edifício e as características climáticas do local onde se encontra. Relativamente à zona climática I1 poderá representar menores necessidades de consumo de energia para aquecimento no inverno e a zona climática V2 poderá representar maiores necessidades de consumos de energia para arrefecimento no verão (em termos médios, ao nível do território nacional).

**Tabela 10 – Identificação do edifício em estudo**

<b>Designação</b>	Edifício de escritórios
<b>Área útil</b>	13.000 m <sup>2</sup>
<b>Localidade</b>	Moscavide, Parque das Nações
<b>Concelho</b>	Loures
<b>Distrito</b>	Lisboa
<b>Zona climática (SCE)</b>	I1 V2



**Figura 4 – Zonas climáticas de inverno e de verão em Portugal continental [16]**

**Tabela 11 – Características climáticas [Fonte: RETscreen; Local: Lisboa, Portela]**

<b>Mês</b>	<b>Temperatura [°C]</b>	<b>Radiação solar horizontal [kWh/m<sup>2</sup>/dia]</b>	<b>Velocidade do vento [m/s]</b>
jan	10,9	2,40	3,4
fev	11,8	3,31	3,7
mar	14,0	4,72	4,0
abr	15,0	6,00	4,3
mai	17,3	6,82	4,3
jun	20,6	7,26	4,6
jul	22,5	7,25	4,9
ago	22,9	6,71	4,8
set	21,5	5,39	3,9
out	18,1	3,81	3,7
nov	14,4	2,59	3,5
dez	12,0	2,01	3,6
<b>Média anual</b>	<b>16,8</b>	<b>4,86</b>	<b>4,1</b>

De seguida encontra-se a descrição dos pisos que constituem o edifício, de forma a conhecer o mesmo.

### **Pisos subterrâneos (Pisos -1, -2 e -3)**

Os três pisos subterrâneos (Pisos -1, -2 e -3) são constituídos na sua maioria por estacionamento, arquivos, zona de elevadores, zonas de escadas e zonas técnicas. O Piso -1 ainda possui 3 salas técnicas.

### **Piso 0**

O piso 0 é constituído pelo fórum, por um piso intermédio e pela receção/auditório. O fórum é constituído por uma zona de arrumos, zona de bastidores, zona das escadas e de circulação, por salas de reuniões/formações, por instalações sanitárias e ainda por uma sala que tem instalada uma UPS e o quadro elétrico geral dos serviços comuns. O piso intermédio é constituído pelas zonas de escadas e de circulação, por as instalações sanitárias, zonas técnicas e salas de reuniões. A receção/auditório é constituída pela receção, o auditório, a régie do auditório, a zona dos elevadores, as instalações sanitárias e o restaurante.

### **Pisos 1 a 7**

Os restantes pisos (do Piso 1 ao Piso 7) são constituídos maioritariamente por zona de elevadores, zonas de escadas, instalações sanitárias e zonas técnicas. Os pisos 1 a 6, possuem uma zona de *open spaces* e o piso 7 possui gabinetes para a administração da empresa. No 2º piso existe ainda uma cafetaria-bar.

Relativamente ao estudo efetuado, optou-se por estudar todos os pisos, sabendo contudo que os superiores (Piso 0 ao Piso 7), são pisos onde existe uma maior densidade ocupacional e que podem ser mais suscetíveis à implementação de estratégias de *Demand Response*. Após análise do edifício, verificou-se que existem sombreamentos provocados por edifícios vizinhos nas fachadas sul e este.

Na Figura 5 apresenta-se o modelo geométrico do edifício estudado, construído através do software *DesignBuilder*. O *DesignBuilder* é um software de simulação que avalia o desempenho energético de edifícios, permitindo identificar o impacto do consumo de energia de acordo com as variáveis introduzidas tais como, dimensões do edifício, características das zonas térmicas, características e perfis de utilização dos diversos equipamentos instalados, entre outros. O *EnergyPlus* é uma

ferramenta computacional de simulação energética de edifícios, usado por engenheiros, arquitetos e investigadores para modelar consumos de energia para aquecimento, arrefecimento, ventilação, iluminação, entre outros. Neste sentido o *DesignBuilder* deve ser visto como um interface gráfico para o *EnergyPlus*, porque assenta em simulação executada pelo *EnergyPlus* para avaliação do desempenho energético de edifícios [4].



Figura 5 – Imagem do modelo geométrico (Vista exterior) [4]

Na Tabela 12 estão indicadas de forma resumida as características principais da envolvente opaca e envidraçada que estão subjacentes ao modelo do edifício.

Tabela 12 – Características da envolvente opaca e envidraçada [4]

Indicação das envolventes	U [W/m <sup>2</sup> .°C]
Paredes exteriores e paredes semi-exposta	0,563 - 4,142
Paredes internas	0,741 - 4,142
Pavimento térreo e externo	3,106
Pavimento interno	3,100
Tetos e pisos semi-expostos	0,830 - 2,600
Cobertura e telhados	0,160 - 4,142
Vidro duplo	2,624
Caixilharia para o vidro duplo	4,719

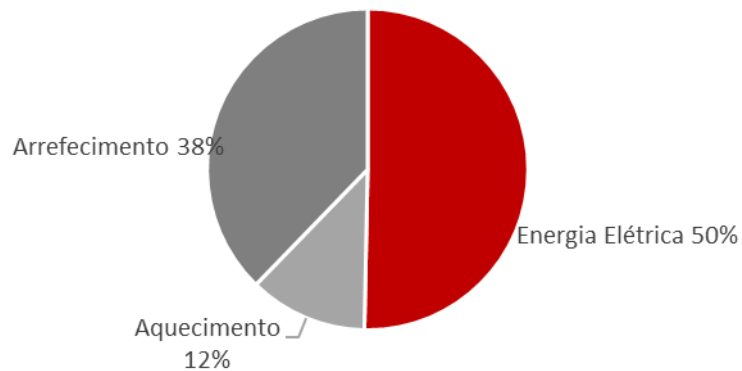
No anexo A, apresentam-se as plantas do modelo dos pisos estudados presentes no *software DesignBuilder*.

### 3.3. Análise de documentação

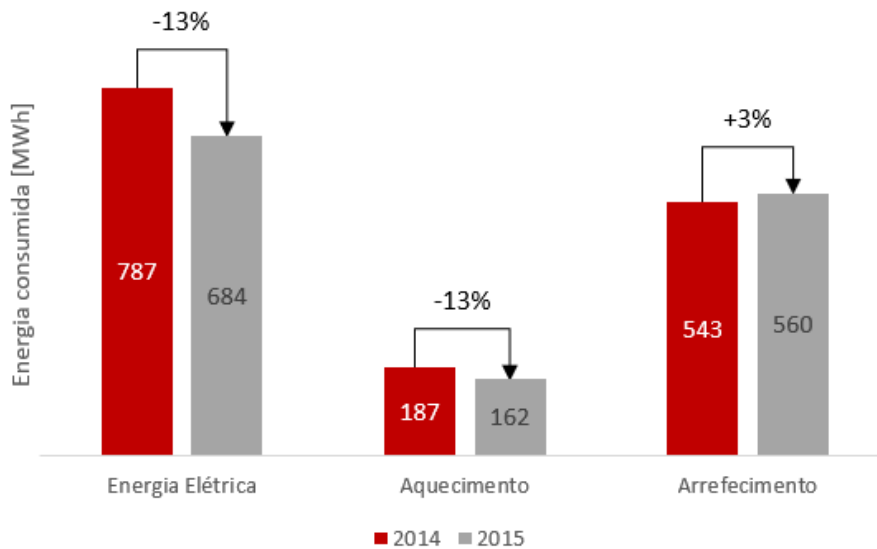
Para a análise do edifício, foi facultada a informação relativa ao consumo de energia elétrica e térmica (para aquecimento e arrefecimento), assim como os dados de monitorização de alguns quadros elétricos presentes em determinados pisos e os dados do sistema de iluminação geral e de iluminação de emergência.

#### 3.3.1. Consumos de energia elétrica e térmica

No decorrer da análise da faturação dos consumos elétricos e térmicos (aquecimento e arrefecimento) do edifício, deteta-se que o consumo de energia elétrica é o que gera maior consumo no edifício. De uma forma geral, de acordo com os anos de 2014 e 2015, deteta-se pela Figura 6 que o consumo de energia elétrica em média corresponde a 50%, enquanto que o consumo de energia para aquecimento corresponde a 12% e o consumo de energia para arrefecimento corresponde a 38% do consumo total de energia.

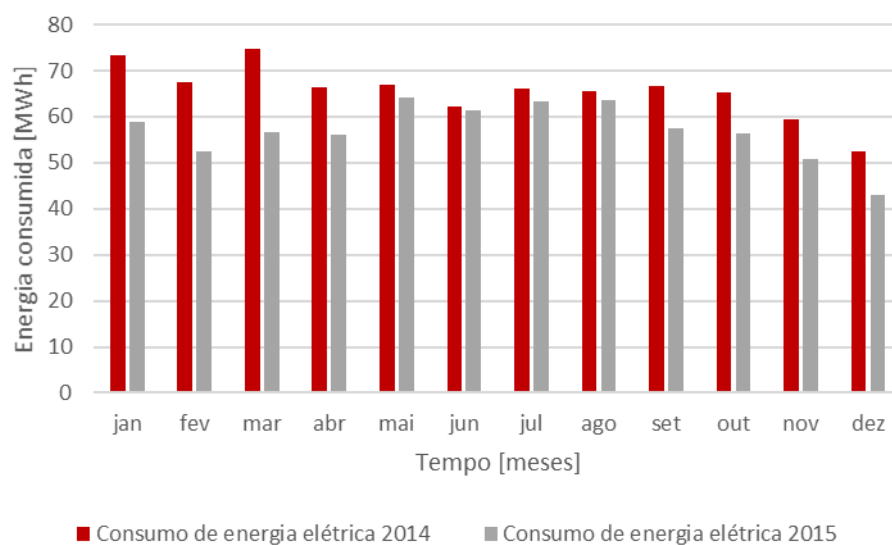


**Figura 6 – Desagregação de consumos de energia**



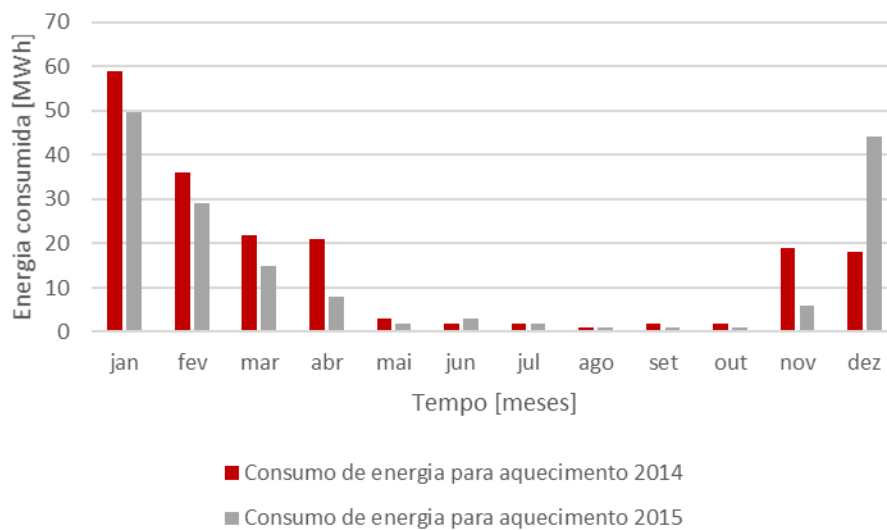
**Figura 7 – Consumos de energia elétrica e térmica (anos de 2014 e 2015)**

Fazendo uma comparação entre o consumo de energia elétrica no ano de 2014 e o ano de 2015 de acordo com a Figura 7, nota-se uma diminuição no consumo de energia em cerca de 13%. Analisando a Figura 8, deteta-se que em 2014 os meses de janeiro e de março foram os meses onde se consumiu mais energia elétrica, enquanto que nos meses de novembro e dezembro consumiu-se menos energia. Em 2015, o maior consumo de energia ocorreu nos meses de maio, julho e agosto, enquanto que os meses de novembro e dezembro mantiveram o perfil de menos consumos de energia elétrica.



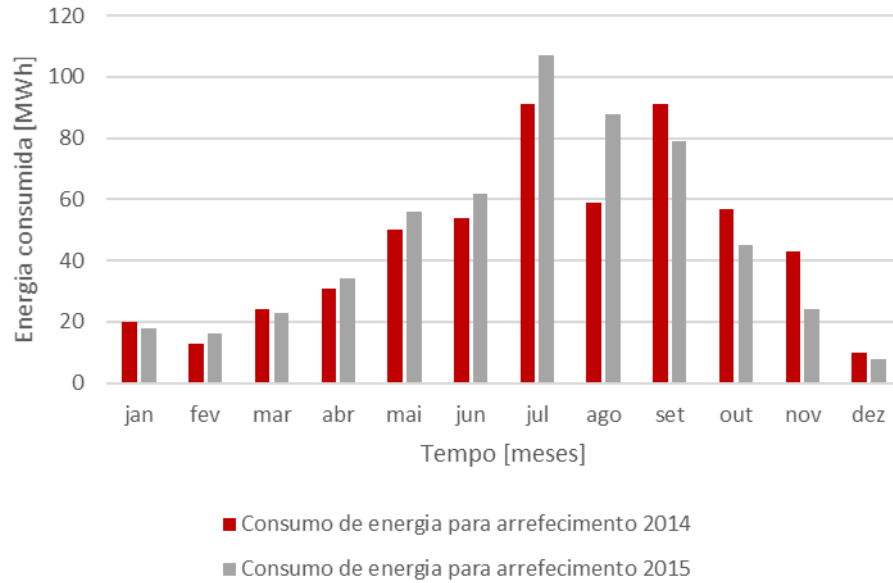
**Figura 8 – Perfil de consumo anual de energia elétrica (anos de 2014 e 2015)**

Comparando o consumo de energia para aquecimento entre o ano de 2014 e o ano de 2015 (Figura 7), nota-se uma diminuição no consumo de energia em cerca de 13%. Pela análise da Figura 9, deteta-se que a tendência do consumo de energia para aquecimento é semelhante na sua generalidade para os anos em análise. Tanto em 2014 como em 2015, os meses de janeiro e de fevereiro foram os meses em que se consumiu mais energia, enquanto que no período entre maio e outubro se consome menos energia para aquecimento.



**Figura 9 – Perfil de consumo anual de energia para aquecimento (anos de 2014 e 2015)**

O comportamento do consumo de energia para arrefecimento é praticamente inverso ao consumo de energia para aquecimento. Comparando o consumo de energia para arrefecimento entre o ano de 2014 e o ano de 2015 (Figura 7), nota-se um aumento no consumo de energia em cerca de 3%. Pela análise da Figura 10, deteta-se que em 2014 e em 2015, os meses de julho, agosto e setembro foram os meses onde se consumiu mais energia, enquanto que no período entre dezembro a fevereiro se consome menos energia para arrefecimento. Contudo deteta-se que no período de inverno existe também consumo de energia para arrefecimento, pelo que este facto deve-se ao arrefecimento das salas de bastidores e da sala que contém a UPS.



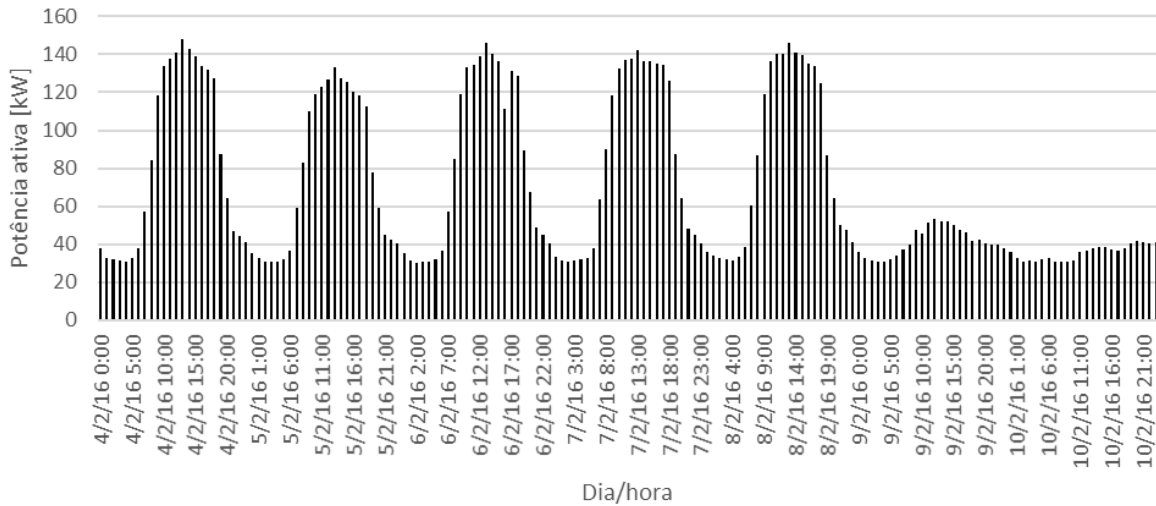
**Figura 10 – Perfil de consumo anual de energia para arrefecimento (anos de 2014 e 2015)**

### 3.3.2. Monitorização dos quadros elétricos

Com base na recolha de informação obtida através das monitorizações de consumo de energia elétrica realizadas no edifício estudado, foi possível obter os diagramas de carga, que caracterizam a evolução da potência ativa em função do tempo.

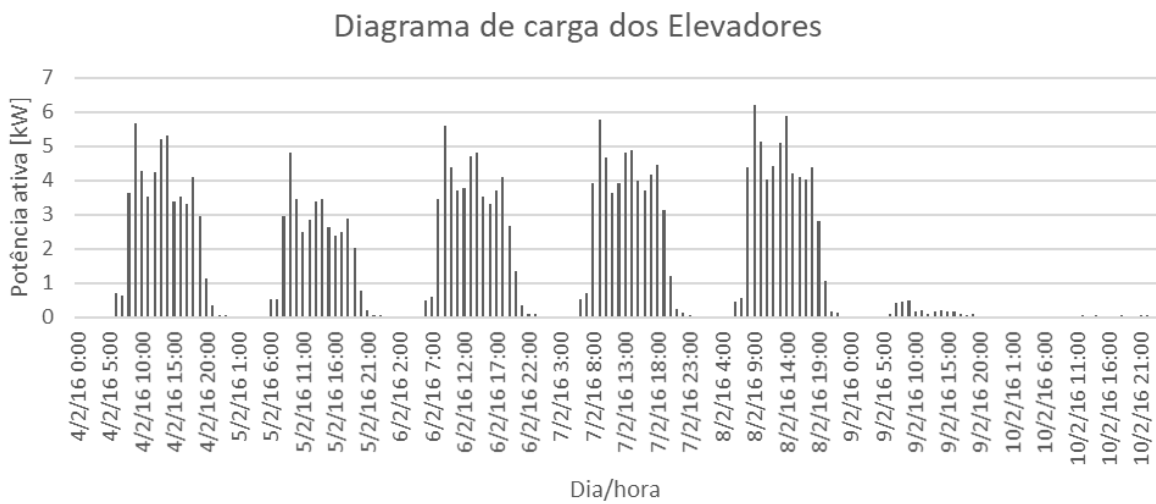
As monitorizações foram realizadas em vários quadros elétricos do edifício, entre os dias 04 (segunda-feira) e 10 (domingo) do mês de fevereiro de 2016. Estas foram realizadas em intervalos de 15 em 15 min e foram transformadas para intervalos de 1 h em 1 h, pela média dos 4 intervalos de 15 min que compõem a hora respetiva. Os diagramas de carga apresentados dizem respeito ao perfil de consumo do edifício em geral, dos elevadores, do restaurante e do piso 1.

Analisando o diagrama de carga do edifício em geral (Figura 11) verifica-se que as cargas na instalação são de alguma forma estáveis, seguindo um padrão cíclico diário. A instalação em média consome 69,77 kW de potência ativa e uma potência máxima de 147,70 kW. No fim-de-semana a potência média é de 38,37 kW, o que equivale a cerca de metade da potência média dos dias úteis.



**Figura 11 – Diagrama de carga do edifício**

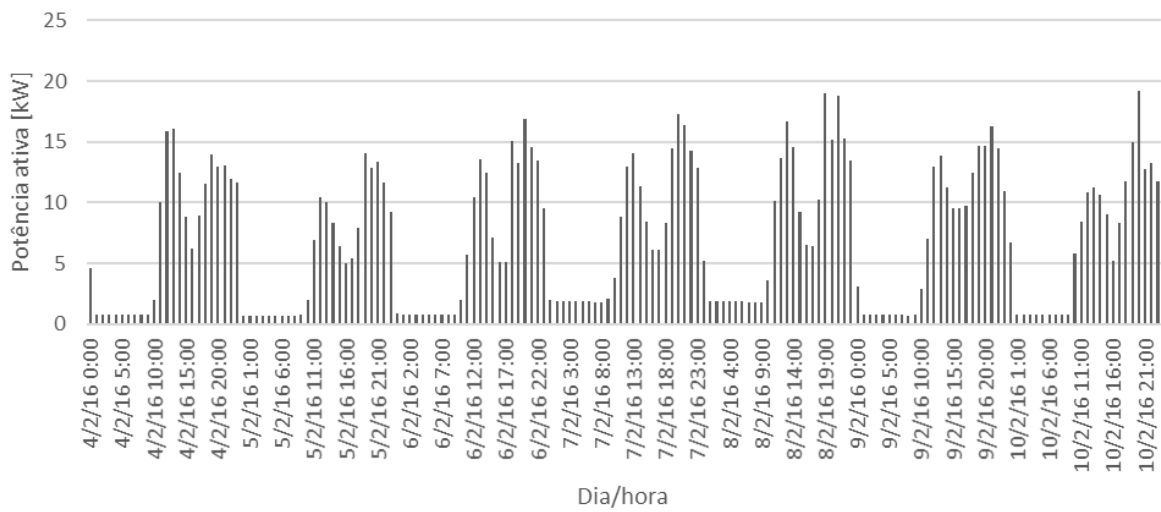
Analisando o diagrama de carga dos 3 elevadores (Figura 12) verifica-se também alguma estabilidade no perfil de consumo nos dias úteis. Os elevadores em média consomem 1,52 kW de potência ativa e uma potência máxima de 6,22 kW, sendo que esta potência máxima é o efeito de simultaneidade dos 3 elevadores em funcionamento nas horas de maior utilização.



**Figura 12 – Diagrama de carga dos elevadores**

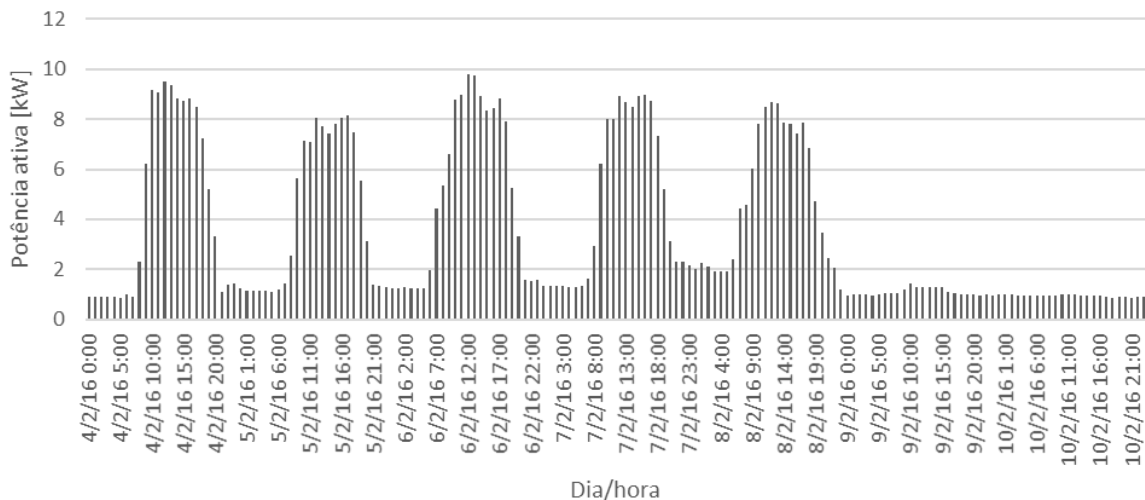
O diagrama de carga do restaurante (Figura 13) mostra que o período de funcionamento é entre as 12 h e as 24 h, nos sete dias da semana. Analisando o diagrama de carga do restaurante, verifica-se um padrão de consumo cíclico, com

picos de consumo na hora de almoço e na hora de jantar. O restaurante consome em média 6,87 kW de potência ativa e uma potência máxima de 19,17 kW.



**Figura 13 – Diagrama de carga do restaurante**

Analisando o diagrama de carga do Piso 1 (Figura 14) também se verifica alguma estabilidade no perfil de consumo nos dias úteis. Este piso consome 3,57 kW de potência ativa média e uma potência máxima de 9,82 kW.



**Figura 14 – Diagrama de carga do piso 1**

Os restantes diagramas de carga relativos às monitorizações realizadas nos restantes quadros elétricos estão presentes no Anexo B.

### 3.3.3. Sistema de iluminação

Foi efetuada a caracterização sistema de iluminação do edifício e feita uma comparação entre o sistema de iluminação anterior e o atual no que diz respeito a tecnologia utilizada, potência instalada e quantidade de luminárias. Esta análise foi possível de acordo com a documentação analisada.

O edifício com o sistema de iluminação anterior, possuía 1.790 luminárias instaladas e 121,975 kW de potência instalada em iluminação, sendo que 98% diziam respeito à iluminação normal e 2% diziam respeito a iluminação de emergência, conforme apresentado na Tabela 13.

**Tabela 13 – Distribuição do sistema de iluminação anterior por tecnologia**

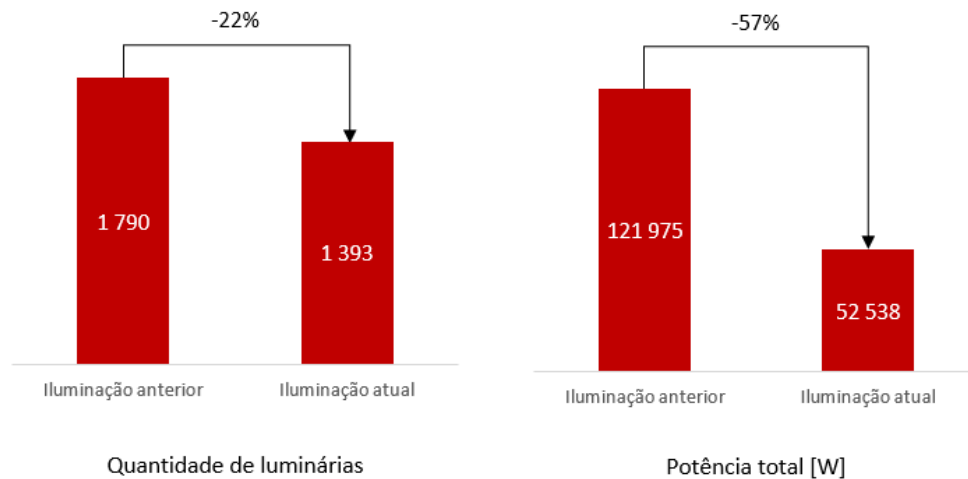
<b>Tipo de luminárias</b>	<b>Quantidade de luminárias</b>	<b>Potência total [W]</b>
Luminária com tecnologia fluorescente compacta	1 085	76 226
Luminária com tecnologia fluorescente tubular	344	29 941
Luminária de emergência (fluorescente compacta)	211	2 728
Luminárias com tecnologia de halogéneo	142	12 900
Luminárias com tecnologia incandescente	8	180
<b>Total</b>	<b>1 790</b>	<b>121 975</b>

O edifício com o sistema de iluminação atual possui 1.393 luminárias instaladas e 52,538 kW de potência instalada em iluminação, sendo que 95% dizem respeito à iluminação normal e 5% dizem respeito a iluminação de emergência, conforme apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14 – Distribuição do sistema de iluminação atual por tecnologia**

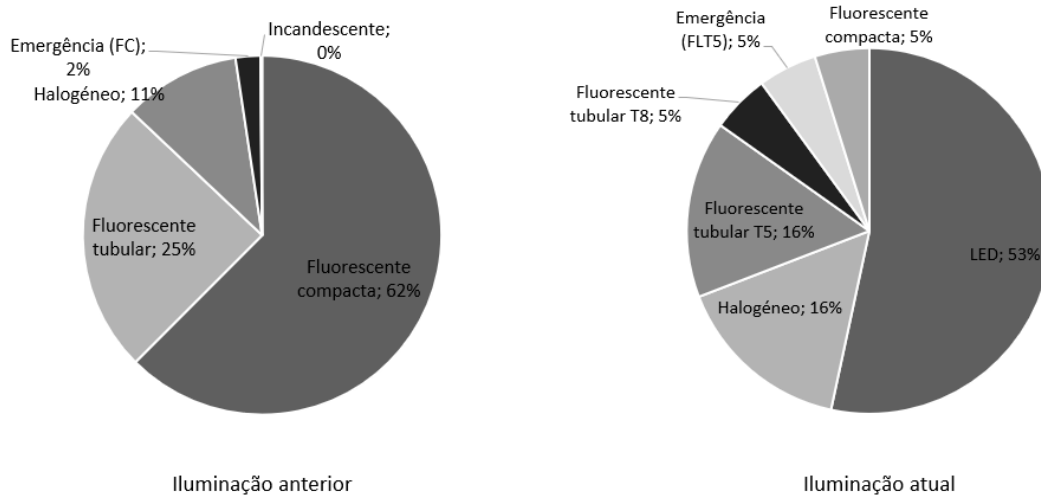
<b>Tipo de luminárias</b>	<b>Quantidade de luminárias</b>	<b>Potência total [W]</b>
Luminária com tecnologia LED	937	28 043
Luminária de emergência (FLT5)	216	2 736
Luminária com tecnologia fluorescente compacta (CFL)	109	2 538
Luminária com tecnologia Halogéneo	71	8 285
Luminária com tecnologia fluorescente tubular T8 (FLT8)	38	2 704
Luminária com tecnologia fluorescente tubular T5 (FLT5)	22	8 232
<b>Total</b>	<b>1 393</b>	<b>52 538</b>

Do sistema de iluminação anterior para o sistema de iluminação atual, nota-se pela análise da Figura 15 um decréscimo tanto ao nível da quantidade de luminárias como ao nível da potência instalada. Em termos de quantidade de luminárias existiu um decréscimo na ordem dos 22% e, em relação à potência total instalada, também existiu um decréscimo na ordem dos 57%.



**Figura 15 – Comparação da quantidade de luminárias e potência total instalada nos sistemas de iluminação**

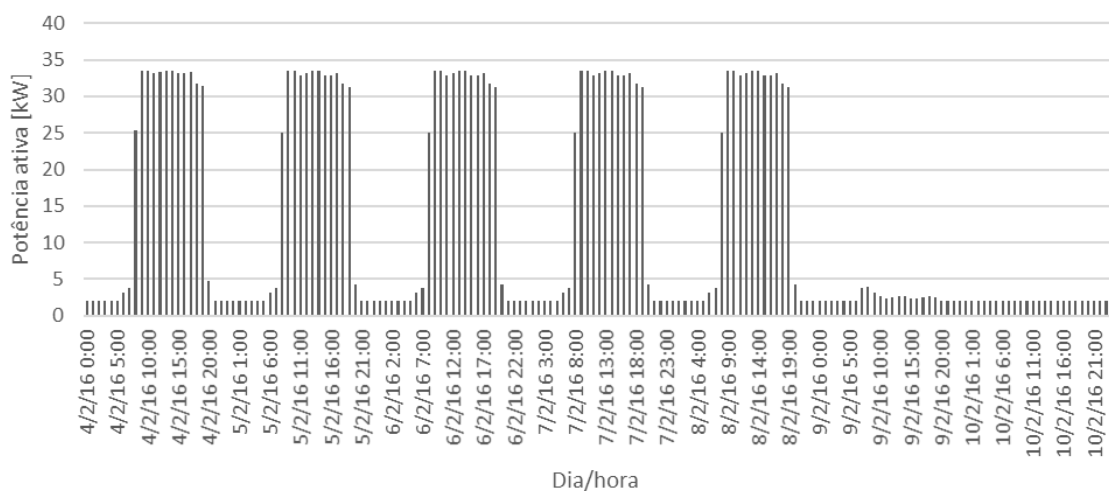
Pela análise da Figura 16 deteta-se que em termos de distribuição do sistema de iluminação, a tecnologia LED representa 53% da potência instalada no sistema de iluminação atual e enquadra-se em locais que são ocupados maioritariamente pelo maior número de pessoas, como a receção do edifício, o hall dos elevadores, as instalações sanitárias, a cafetaria, os *open spaces* dos pisos 1 a 6 e os gabinetes no piso 7. O peso das luminárias equipadas com a tecnologia de halógeno equivale a 16% da potência instalada e são usadas no auditório e nas zonas de circulação do piso 0. As luminárias com a tecnologia fluorescentes tubulares T5 equivalem a 16% da potência instalada e estão maioritariamente localizadas nas salas de reuniões do piso 0. As luminárias com a tecnologia fluorescente compacta, estão localizadas nas zonas das escadas dos pisos 0 a 7 e representam uma percentagem de 5% da potência instalada para o sistema de iluminação. As luminárias com a tecnologia fluorescente tubular T8 equivalem a 5% da potência instalada e estão localizadas nas zonas técnicas do edifício. A iluminação de emergência representa 5% da potência instalada nos sistemas de iluminação e está localizada em todos os pisos do edifício.



**Figura 16 – Comparação das tecnologias instaladas nos sistemas de iluminação**

Após caracterizado todo o sistema de iluminação atual em termos de tecnologia e potência associada, foi analisado em cada piso (do piso -3 ao 7) o tipo de iluminação existente (Iluminação normal e iluminação de emergência) e o perfil horário de cada circuito de iluminação. Deste modo torna-se possível apurar a gama horária de funcionamento da iluminação por zona térmica e possível obter o diagrama de carga do sistema de iluminação.

Pela a análise do diagrama de carga simulado do sistema de iluminação (Figura 17), deteta-se que consome em média 13,08 kW de potência ativa e uma potência máxima de 33,45 kW.



**Figura 17 – Diagrama de carga simulado do sistema de iluminação**

## 4. Reformulação do modelo do edifício

### 4.1. Redefinição de parâmetros

Tendo em consideração a análise dos dados fornecidos, existiu a necessidade de reformular o modelo de forma a que o mesmo ficasse mais próximo da realidade atual.

Nesse sentido foram redefinidos os seguintes parâmetros:

- os perfis de utilização de ocupação, de iluminação, de equipamentos, de ventilação mecânica, de aquecimento e de arrefecimento;
- o controlo do meio ambiente (temperaturas de referência de aquecimento/arrefecimento e iluminância);
- a densidade de potência iluminação;
- a densidade de potência dos equipamentos;
- o caudal de ar novo e energia auxiliar da ventilação mecânica.

Nas secções seguintes é feita uma abordagem relativamente ao que foi redefinido, comparando entre os valores inicialmente previstos e os novos valores a considerar.

#### 4.1.1. Perfis de utilização

O consumo de energia, para além de outros fatores, depende do perfil de utilização dos equipamentos e dos sistemas. Neste sentido houve necessidade de redefinir os perfis de utilização, para se conseguir reproduzir um comportamento do edifício em termos de consumo energético semelhante aos consumos de energia fornecidos.

Os perfis de utilização que foram alvos de redefinição, de acordo com a estrutura identificada na Figura 18 foram os perfis de ocupação, de iluminação, de equipamentos, de ventilação mecânica, de aquecimento e de arrefecimento.

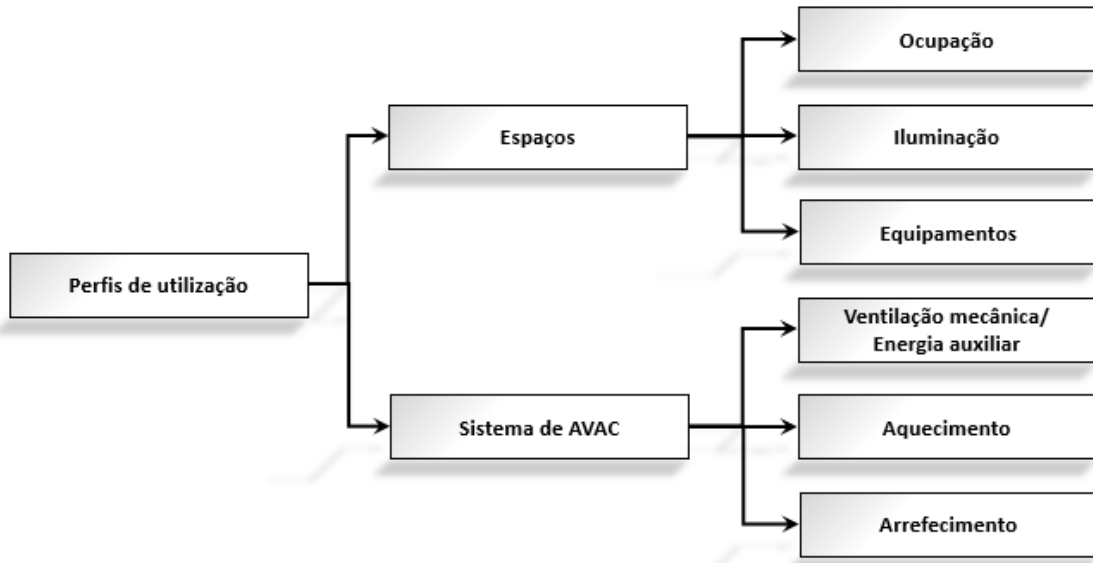
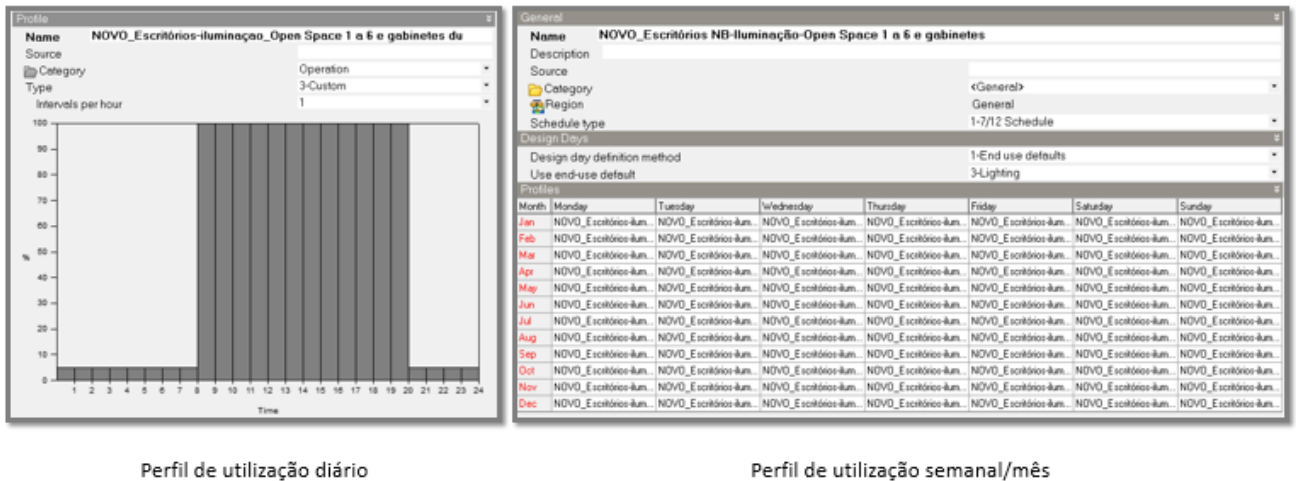


Figura 18 – Estrutura dos perfis de utilização a redefinir

No *software DesignBuilder* a parametrização dos perfis de utilização foi definida no módulo *Schedules*, onde é definido um horário de ocupação ou horário de funcionamento variável ao longo do tempo. Na Figura 19, verifica-se que este módulo permite flexibilidade na criação dos perfis de utilização, porque é possível criar perfis de acordo com os dias da semana e o mês do ano.



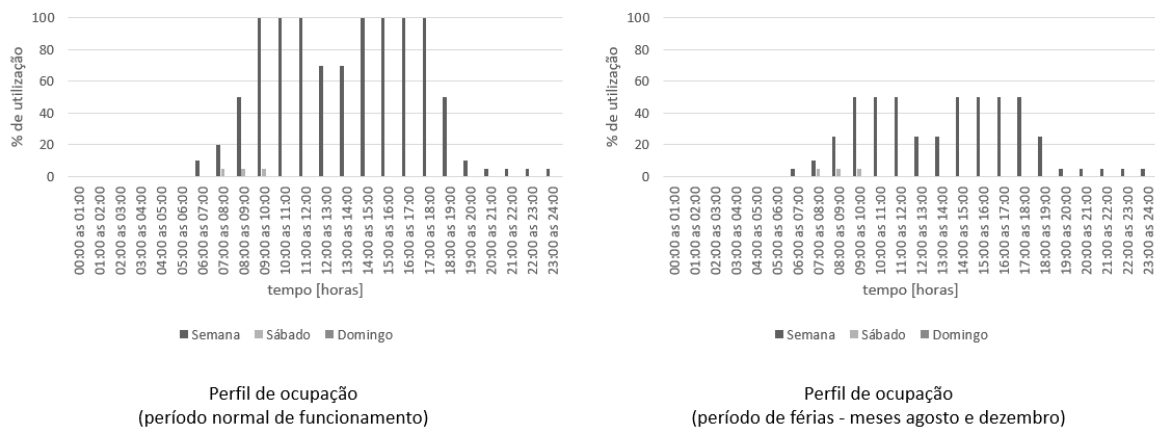
Perfil de utilização diário

Perfil de utilização semanal/mês

Figura 19 – Exemplo de um perfil diário/horário definido no *software DesignBuilder* [4]

Para enquadrar a forma de parametrização dos vários tipos de perfil de utilização, é dado como exemplo a zona térmica *open space* do piso 1 do edifício.

O perfil de ocupação da zona térmica *open space* do piso 1, foi obtido pelo horário normal de funcionamento dos serviços, ou seja, considerado um horário das 9h às 18h. E ainda considerado consumo antes das 9h e depois das 18h, para englobar possíveis colaboradores que entram mais cedo ou saem mais tarde do seu posto de trabalho. O período de almoço foi considerado das 12h às 14h, de forma a que todos os colaboradores possam almoçar sem o serviço encerrar neste período. Neste perfil de utilização, foi dividido o perfil em período normal de funcionamento e o maior período de férias que normalmente se situa nos meses de agosto e dezembro. O período noturno e o período ao sábado é o período normal de limpeza do piso, conforme apresentado na Figura 20.



**Figura 20 – Perfil de ocupação definido para a zona térmica *open space* do piso 1**

O perfil de iluminação da zona térmica *open space* do piso 1, foi obtido pela análise do sistema de iluminação atual, na qual se caracterizou a tecnologia e a potência instalada por zona térmica. Para a zona térmica *open space* do piso 1, foi analisado que 5% da iluminação global é referente à iluminação de emergência e 95% referente à iluminação normal. Também foi analisado o perfil horário de cada circuito de iluminação, de forma a analisar qual a gama horária de funcionamento. Para esta zona térmica, foi definido que a iluminação normal possui um funcionamento de 12h (das 8h às 20h) nos dias úteis, conforme apresentado na Figura 21.

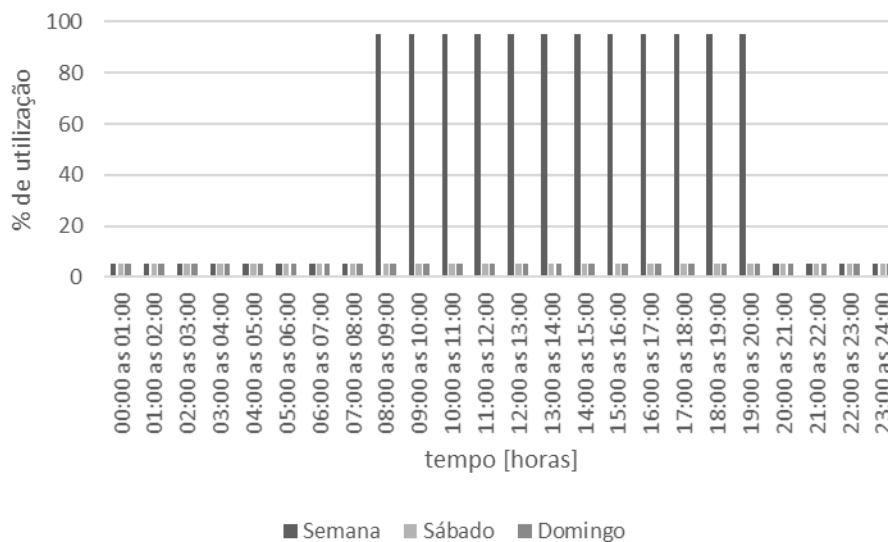


Figura 21 – Perfil de iluminação definido para a zona térmica *open space* do piso 1

Na Figura 22 está representado o perfil de utilização dos equipamentos da zona térmica *open space* do piso 1, que foi obtido pela monitorização realizada aos quadros elétricos do piso 1 subtraindo todo o perfil de iluminação do piso 1.

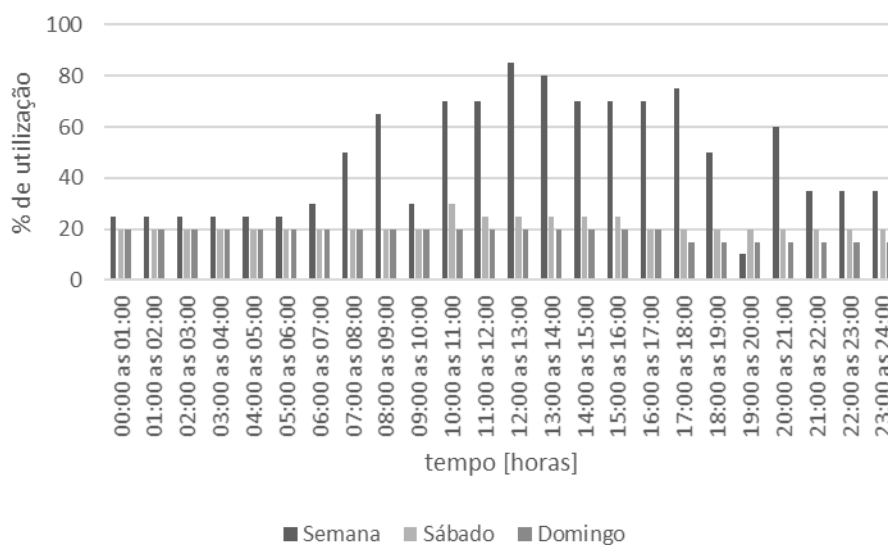
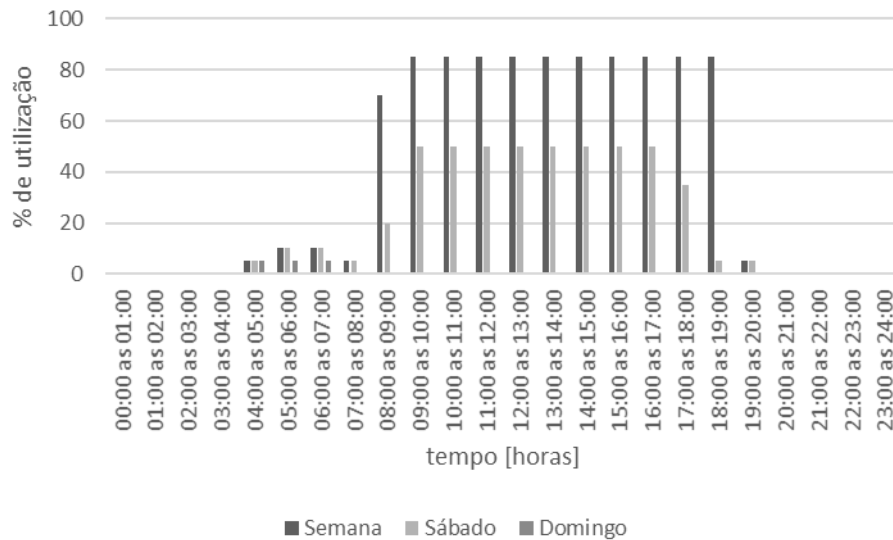


Figura 22 – Perfil de utilização dos equipamentos definido para a zona térmica *open space* do piso 1

Os perfis de utilização associados ao Sistema de AVAC definem os horários de funcionamento de aquecimento e arrefecimento e das unidades de tratamento de ar novo (UTAN) que servem os espaços. Os perfis de utilização associados aos espaços refletem as atividades neles desenvolvidas. O perfil de

utilização para a ventilação mecânica e energia auxiliar representado na Figura 23 foi retirado diretamente da análise realizada à monitorização do sistema de ventilação mecânica e o perfil de utilização de aquecimento e arrefecimento foi obtido através da informação fornecida sobre o funcionamento da central térmica.



**Figura 23 – Perfil de ventilação mecânica definido para a zona térmica *open space* do piso 1**

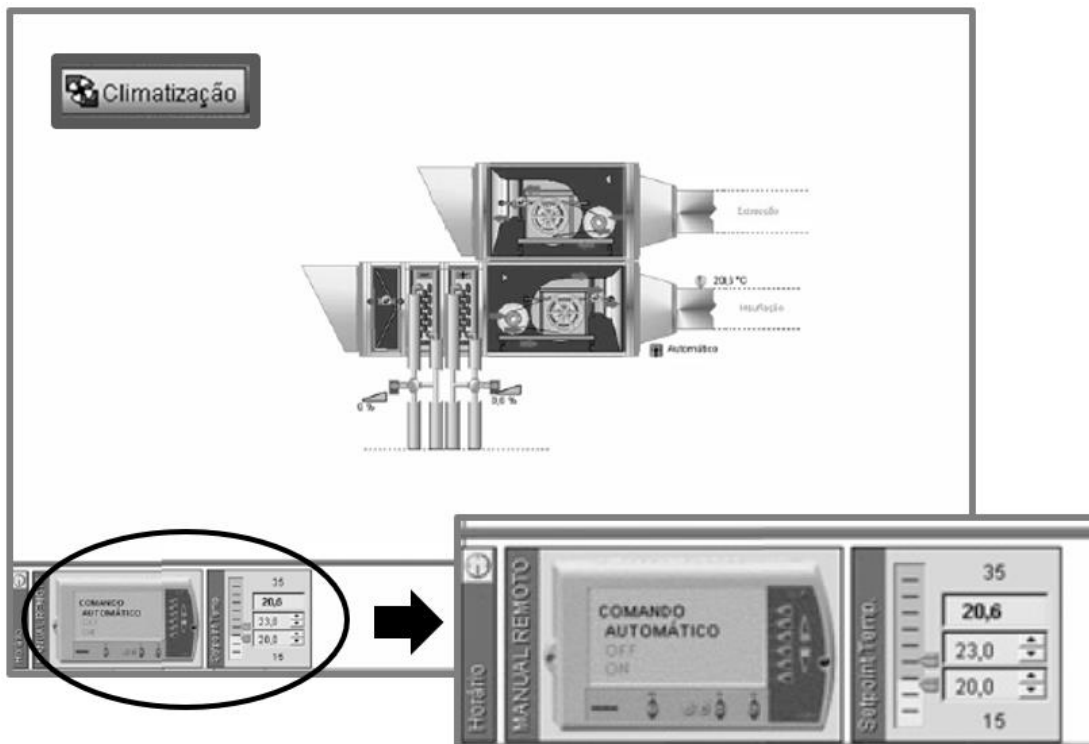
Os restantes perfis de utilização, diferenciados por zonas, estão presentes no Anexo C.

#### 4.1.2. Controlo do meio ambiente

De acordo com o levantamento realizado relativo ao controlo de meio ambiente, existiu a necessidade de reformular os parâmetros relativos às temperaturas de referência e de iluminância previstos inicialmente em cada zona térmica.

No decorrer da informação obtida, e de acordo com os dados fornecidos sobre a central térmica do edifício em estudo, o edifício tem parametrizado as seguintes temperaturas de forma centralizada, de acordo com a Figura 24:

- temperatura de aquecimento igual a 20°C;
- temperatura de arrefecimento igual a 23°C.



**Figura 24 – Parametrização das temperaturas de referência de aquecimento e arrefecimento**  
[Fonte: Documentação fornecida]

Deste modo, todas as temperaturas foram redefinidas para as temperaturas de referência de aquecimento e arrefecimento indicadas, exceto as temperaturas das zonas técnicas, das salas de bastidores e da sala da UPS de forma a que esteja sempre o sistema de arrefecimento em funcionamento e das zonas térmicas dos pisos subterrâneos (pisos -1, -2 e -3) de forma a que o sistema de aquecimento e de arrefecimento nunca funcionem nestas áreas, de acordo com a Tabela 15.

**Tabela 15 – Reformulação das temperaturas de referência de aquecimento e arrefecimento**

Identificação da zona térmica	Modelo inicial		Modelo reformulado	
	Temperatura aquecimento [°C]	Temperatura arrefecimento [°C]	Temperatura aquecimento [°C]	Temperatura arrefecimento [°C]
Sala de bastidores e sala UPS/QE (Piso 0), a régie do auditório e sala de bastidores (Pisos 1 a 7)	22	23	0	15
Sala 3 piso -1	22	25	21	22
Arrumos, elevadores e sala 1 piso -1	20	25	20	23

Identificação da zona térmica	Modelo inicial		Modelo reformulado	
	Temperatura aquecimento [°C]	Temperatura arrefecimento [°C]	Temperatura aquecimento [°C]	Temperatura arrefecimento [°C]
Piso 0 a 6 - hall dos elevadores, zonas de escadas e instalações sanitárias	20	25	<b>20</b>	<b>23</b>
Piso 7 - hall dos elevadores, zonas de escadas e instalações sanitárias	20	25	<b>22</b>	<b>22</b>
Zonas de circulação, salas de reuniões, auditório, receção, sala piso intermédio, restaurante, cafeteria e <i>open spaces</i>	24	24	<b>21</b>	<b>22</b>
Piso 7 - gabinetes	24	24	<b>22</b>	<b>22</b>
Zonas técnicas, arquivo, zonas de escadas, sala 2 piso -1 e estacionamento (pisos -1, -2 e -3)	0	50	<b>0</b>	<b>50</b>

Relativamente à iluminância, foi detetado que a mesma não corresponde na sua totalidade com as exigências da norma EN 12464-1. Nesse sentido, é apresentada na Tabela 16 a análise comparativa com a iluminância inicialmente prevista e com a iluminância que deve ser considerada à luz da norma europeia [17].

**Tabela 16 – Comparação da iluminância inicialmente prevista e da iluminância considerada**

Identificação da zona térmica	Modelo inicial - iluminância [lux]	Modelo reformulado - iluminância [lux]
Arrumos e receção	350	<b>300</b>
Sala de bastidores e sala UPS/QE piso 0, sala 2 piso -1 e zonas técnicas	200	<b>500</b>
Elevadores, hall dos elevadores e zonas de escadas	350	<b>150</b>
Zonas de circulação e zonas de escadas	350	<b>100</b>
Zonas de estacionamento	200	<b>75</b>
Sala 1 e 3 piso -1, salas de reuniões, auditório, sala piso intermédio, <i>open spaces</i> e gabinetes, a régie do auditório e sala de bastidores (Pisos 1 a 7)	350	<b>500</b>
Instalações sanitárias, restaurante e cafeteria	350	<b>200</b>

Na Figura 25, está identificado a forma de parametrizar as temperaturas de referência e a iluminância no *software DesignBuilder*.

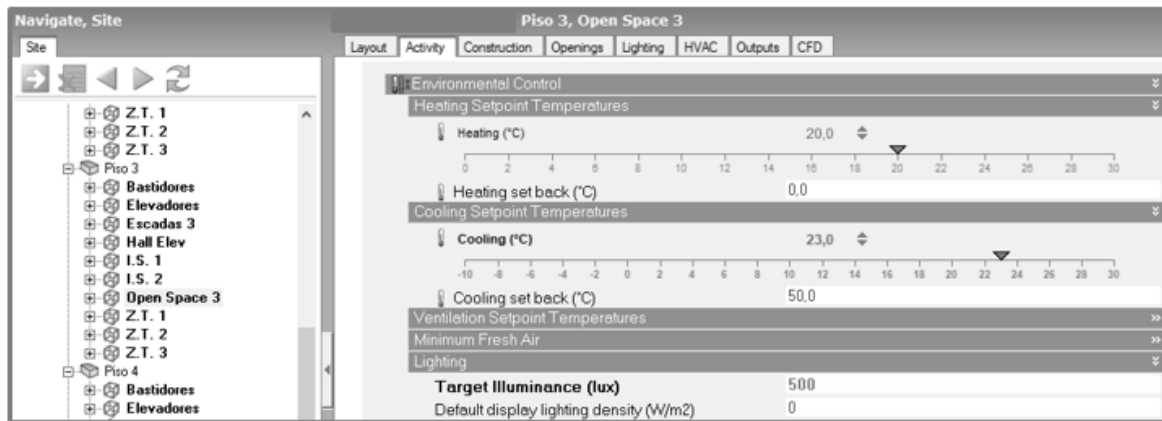


Figura 25 – Exemplo da parametrização das temperaturas de referência de aquecimento e arrefecimento e da iluminância no *open space* do piso 3 [4]

#### 4.1.3. Densidade de potência de iluminação

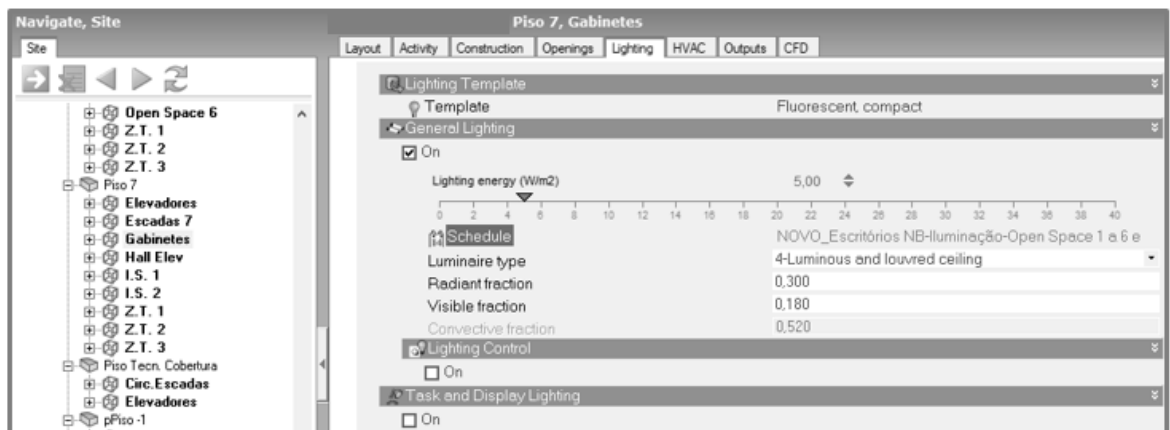
A densidade de iluminação é obtida através da análise realizada à caracterização do sistema de iluminação atual. Como é conhecida a potência de iluminação instalada e a área de cada zona térmica, é possível apurar qual a densidade de iluminação a considerar em  $W/m^2$ .

Nesse sentido foi analisada individualmente cada zona térmica, de forma a ser possível a obtenção de uma densidade de potência de iluminação de acordo com o sistema de iluminação atual. Como exemplo é calculada a densidade de iluminação para a zona térmica do piso 7 designada por gabinetes. Sabendo que os gabinetes possuem 2,565 kW de potência instalada para iluminação e sabendo que a área dos gabinetes é de 546,099  $m^2$  então a densidade de iluminação a considerar é de 4,70  $W/m^2$ , de acordo com o indicado na Tabela 17.

**Tabela 17 – Exemplo do cálculo da densidade de iluminação para os gabinetes do piso 7**

Quantidade luminárias	Lâmpadas		Potência total [W]	Potência total instalada [W]	Área [m <sup>2</sup> ]	Densidade iluminação [W/m <sup>2</sup> ]
	Quant.	Potência unitária [W]				
31	2	22	1 364	2 565	546,099	4,70
3	2	49	294			
5	2	50	500			
1	1	18	18			
19	1	9	171			
2	1	18	36			
1	2	55	110			
9	1	8	72			

No software *DesignBuilder*, a densidade de iluminação considerada é de 5 W/m<sup>2</sup>, conforme indicado na Figura 26.



**Figura 26 – Exemplo da parametrização da densidade de iluminação nos gabinetes do piso 7 [4]**

Na Tabela 18, apresenta-se a comparação da densidade de iluminação inicialmente prevista com a densidade de iluminação considerada nas zonas térmicas que possuem maior densidade de ocupação, onde se verifica que com o sistema de iluminação atual a densidade de iluminação baixou 60% quando comparada com a densidade de iluminação inicialmente prevista.

**Tabela 18 – Densidade de iluminação considerada**

Identificação da zona térmica	Área útil total [m <sup>2</sup> ]	Modelo inicial - densidade de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]	Modelo reformulado - densidade de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]	Diferença [%]
<b>Restaurante</b>	180,00	16,10	6,00	-63%
<b>Cafetaria Bar</b>	99,11	9,29	5,70	-39%
<b>Open space 1</b>	809,65	14,20	5,61	-60%
<b>Open space 2</b>	604,02	14,32	5,85	-59%
<b>Open space 3</b>	705,18	14,10	5,59	-60%
<b>Open space 4</b>	706,12	14,22	5,61	-61%
<b>Open space 5</b>	707,99	14,67	6,08	-59%
<b>Open space 6</b>	709,02	15,01	5,32	-65%
<b>Gabinetes</b>	546,10	13,08	4,70	-64%
<b>Média</b>	-	13,89	5,61	-60%

As restantes densidades de potência de iluminação, diferenciadas por zonas térmicas, estão presentes no Anexo D.

#### **4.1.4. Densidade de potência dos equipamentos**

A densidade dos equipamentos a considerar teve como base a análise das monitorizações realizadas, de forma a obter o perfil de utilização dos equipamentos de determinada zona térmica, como explicado anteriormente para o perfil de utilização dos equipamentos da zona térmica *open space* do piso 1.

Para enquadrar a forma de parametrização da densidade dos equipamentos (W/m<sup>2</sup>), dá-se como exemplo a zona de elevadores que abrange todos os pisos do edifício.

O edifício possui 3 elevadores que percorrem os 11 pisos. Para esta análise, dividiu-se a monitorização realizada por 11 pisos, de forma a obter um consumo de energia por piso.

Analisando o diagrama de carga dos elevadores por piso (Figura 27), verifica-se que consomem uma potência máxima de 0,57 kW.

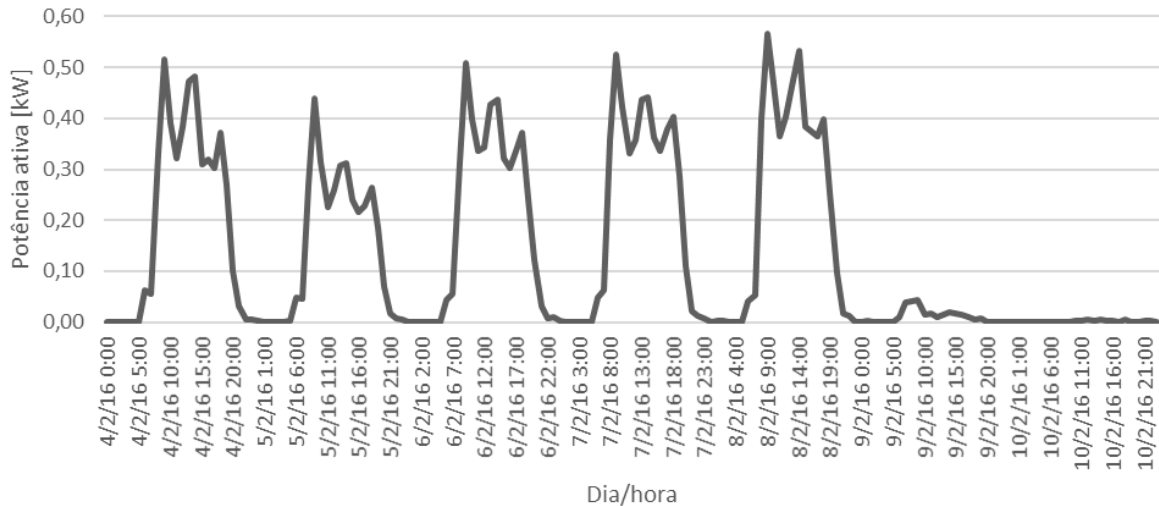


Figura 27 – Diagrama de carga dos elevadores por piso

Sabendo que os elevadores possuem 0,57 kW de potência máxima consumida e sabendo que a área dos elevadores é de 11,70 m<sup>2</sup> então a densidade de equipamentos a considerar é de 49 W/m<sup>2</sup>. No *software DesignBuilder* foi considerada uma densidade de equipamentos relativa aos elevadores de 49 W/m<sup>2</sup>, conforme indicado na Figura 28.

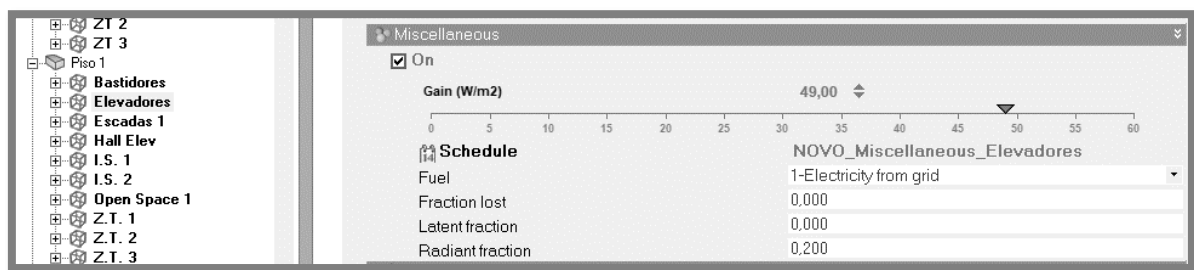


Figura 28 – Exemplo da parametrização da densidade de equipamentos dos elevadores [4]

Na Tabela 19, apresenta-se a densidade de equipamentos considerada nas zonas térmicas que possuem maior densidade de ocupação. As restantes densidades de potência dos equipamentos, diferenciadas por zonas térmicas, estão presentes no Anexo D.

**Tabela 19 – Densidade de equipamentos considerada**

Identificação da zona térmica	Área útil total [m <sup>2</sup> ]	Modelo reformulado - densidade de equipamentos [W/m <sup>2</sup> ]
<b>Restaurante</b>	180,00	60,00
<b>Cafetaria Bar</b>	99,11	60,00
<b>Open space 1</b>	809,65	10,00
<b>Open space 2</b>	604,02	17,00
<b>Open space 3</b>	705,18	15,00
<b>Open space 4</b>	706,12	14,00
<b>Open space 5</b>	707,99	14,00
<b>Open space 6</b>	709,02	13,00
<b>Gabinetes</b>	546,10	13,00

#### 4.1.5. Sistema de AVAC

O sistema de AVAC também foi reformulado, porque na versão fornecida sobre o modelo do edifício não estava a ser considerada ventilação mecânica, energia auxiliar e caudal de ar novo, apenas estavam a ser considerados os perfis de aquecimento e de arrefecimento.

Relativamente ao caudal de ar novo, os valores utilizados foram os medidos no edifício (presentes na Tabela 20), no decorrer de uma avaliação aos caudais de ar novo distribuídos nos escritórios.

**Tabela 20 – Comparação de caudal de ar novo de projeto e o medido**  
[Fonte: Documentação fornecida]

Identificação do piso	Caudal de projeto [m <sup>3</sup> /h]	Caudal medido [m <sup>3</sup> /h]	Desvio [%]
<b>Piso 1</b>	4 914	4 557	-7%
<b>Piso 2</b>	4 865	4 682	-4%
<b>Piso 3</b>	4 085	4 606	13%
<b>Piso 4</b>	4 085	3 913	-4%
<b>Piso 5</b>	3 850	4 778	24%
<b>Piso 6</b>	3 850	4 537	18%
<b>Piso 7</b>	3 290	7 652	133%

A introdução destes valores no *software DesignBuilder* foi efetuada segundo a opção caudal mínimo de ar novo por unidade de área. Na Tabela 21

são apresentados os valores para o caudal de ar novo a aplicar em cada zona térmica definida, convertidos para as unidades requeridas pelo *software* utilizado<sup>4</sup>.

Tabela 21 – Caudal de ar novo

Identificação do piso	Identificação da zona térmica	Caudal ar novo [l/s.m <sup>2</sup> ]
Piso 1	<i>Open space</i> 1	1,56
Piso 2	<i>Open space</i> 2	1,86
Piso 2	Cafetaria	1,79
Piso 3	<i>Open space</i> 3	1,81
Piso 4	<i>Open space</i> 4	1,54
Piso 5	<i>Open space</i> 5	1,87
Piso 6	<i>Open space</i> 6	1,78
Piso 7	Gabinetes	3,89

Na Figura 29, segue o exemplo da parametrização do caudal de ar novo para a zona térmica *open space* do piso 1.

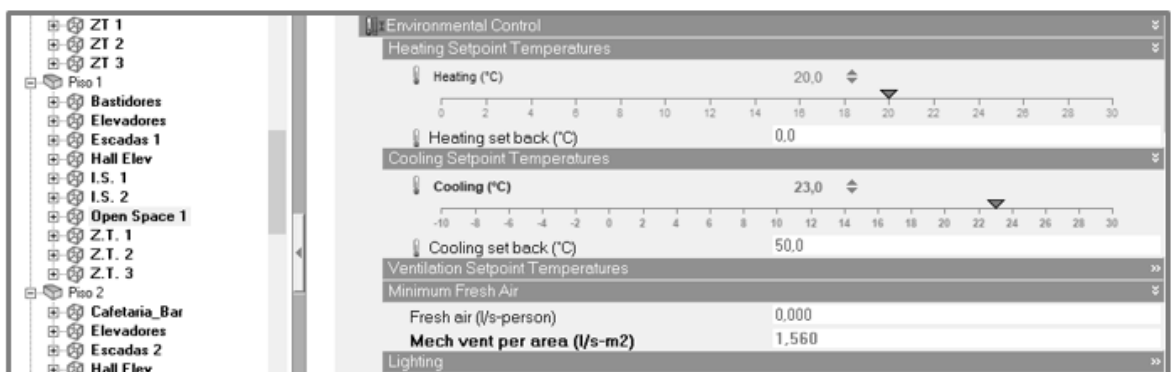
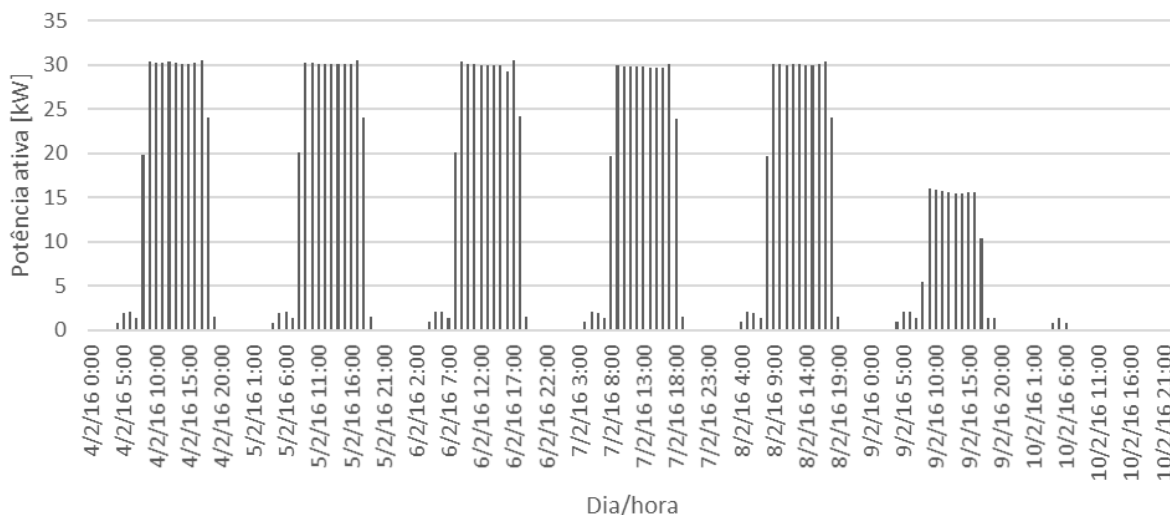


Figura 29 – Exemplo da parametrização do caudal de ar novo no *open space* do piso 1 [4]

A ventilação mecânica foi definida como “*Fan-coil unit*” na maior parte das zonas térmicas, exceto nas zonas de bastidores onde foi considerado o *template* “*Split + separate mechanical ventilation*” e nas salas técnicas do piso -1 onde foi considerado o *template* “*Split no fresh air*”. De forma a ventilar as zonas térmicas (*open spaces*, gabinetes e cafeteria) com o caudal de ar novo definido anteriormente, foi necessário identificar qual a potência a considerar para a energia auxiliar.

<sup>4</sup> Utilizado o fator de conversão 1 l/s = 3,6 m<sup>3</sup>/h

Pela análise da monitorização realizada no sistema de ventilação mecânica (Figura 30) verificou-se que este necessita de uma potência ativa média de 10,51 kW, com uma potência máxima de 30,53 kW.



**Figura 30 – Diagrama de carga do sistema de ventilação mecânica**

Para o cálculo da potência a considerar para a energia auxiliar, dividiu-se a potência máxima pela área total das zonas térmicas a ventilar, o que dá um valor de 6,25W/m<sup>2</sup>, de acordo com os cálculos identificados na Tabela 22.

**Tabela 22 – Cálculo da potência a considerar para a energia auxiliar**

Identificação do piso	Identificação da zona térmica	Área [m <sup>2</sup> ]	Área total [m <sup>2</sup> ]	Potência Máxima [kW]	Potência [W/m <sup>2</sup> ]
Piso 1	Open space 1	809,65	4 887,18	30,53	6,25
Piso 2	Open space 2	604,02			
Piso 2	Cafetaria	99,11			
Piso 3	Open space 3	705,18			
Piso 4	Open space 4	706,12			
Piso 5	Open space 5	707,99			
Piso 6	Open space 6	709,02			
Piso 7	Gabinetes	546,10			

Na Figura 31, está o exemplo da parametrização do valor da potência da energia auxiliar a considerar.

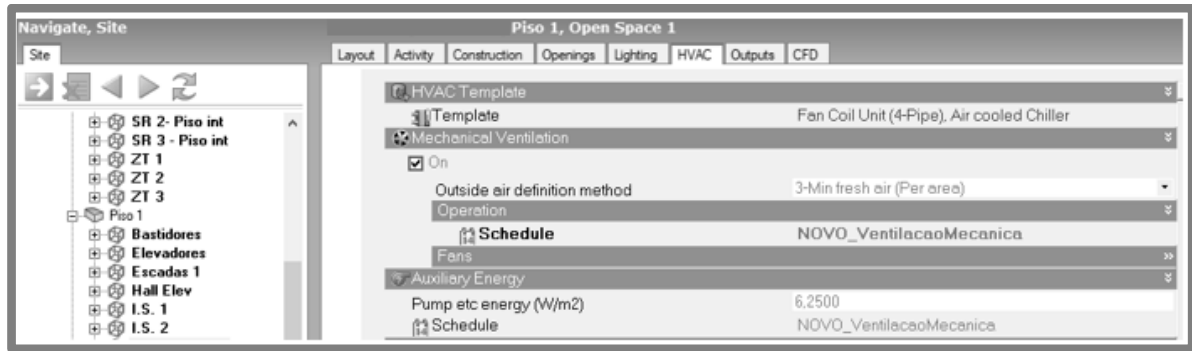


Figura 31 – Exemplo da parametrização do valor da potência da energia auxiliar [4]

## 4.2. Simulações realizadas

Para dar início às simulações, e para conseguir reproduzir um comportamento do edifício em termos de consumo energético semelhante aos consumos de energia fornecidos, definiram-se como consumos de referência os dados constantes na faturação de 2015, de acordo com a Tabela 23.

Tabela 23 – Consumos de referência (Faturação de energia no ano de 2015)

Meses	Energia elétrica [kWh]	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]	Total mensal [kWh]
jan-15	58 959	49 820	18 000	126 779
fev-15	52 394	29 000	16 000	97 394
mar-15	56 732	15 000	23 000	94 732
abr-15	56 210	8 000	34 000	98 210
mai-15	64 069	2 000	56 000	122 069
jun-15	61 484	3 000	62 000	126 484
jul-15	63 248	2 000	107 000	172 248
ago-15	63 639	1 000	88 000	152 639
set-15	57 430	1 000	79 000	137 430
out-15	56 353	1 000	45 000	102 353
nov-15	50 719	6 000	24 000	80 719
dez-15	43 065	44 180	8 000	95 245
<b>Total anual [kWh]</b>	<b>684 302</b>	<b>162 000</b>	<b>560 000</b>	<b>1 406 302</b>

Definidos os consumos de referência, foi desagregado o consumo de energia elétrica em consumos de iluminação, ventilação e outros equipamentos e manteve-se os consumos relativos ao aquecimento e arrefecimento. Com esta

desagregação de consumos foram encontradas as 5 vertentes para alterar os parâmetros de entrada, para se atingir o objetivo de calibração do modelo.

Para a gestão dos resultados das simulações, foi elaborada uma matriz onde foram numeradas as simulações realizadas, com o registo do que foi alterado por cada simulação, a análise dos consumos de energia e os resultados obtidos na simulação. Esta matriz serviu para que os resultados mais importantes de cada simulação ficassem organizados num único ficheiro, sem ser necessário abrir a respetiva simulação ou efetuar nova simulação.

As primeiras simulações foram simulações pioneiras, para aprender como reagia o comportamento do edifício face às alterações que se estavam a realizar. Os parâmetros que foram inicialmente alterados para verificar qual a evolução do comportamento do edifício foram os parâmetros afetos ao sistema de iluminação (iluminância, densidade de iluminação e horário de funcionamento). Após ter conhecimento do comportamento do edifício relativamente às alterações efetuadas no sistema de iluminação, alterou-se os parâmetros relativos aos equipamentos (densidade de equipamentos e horário de funcionamento) e de seguida os parâmetros relativos ao controlo do ambiente (temperaturas de referência e horários de funcionamento relativos ao aquecimento e arrefecimento). Por último foi realizada a alteração aos parâmetros relativos ao sistema de ventilação.

Após se ter ganho conhecimento da evolução do comportamento do edifício, começou-se a realizar alterações em que se conjugava vários sistemas e onde se alterava simultaneamente parâmetros do sistema de ventilação em conjunto com as alterações das temperaturas de referência e horários de funcionamento relativos ao aquecimento e arrefecimento, até se ter simulado a conjugação das 5 vertentes (iluminação, ventilação, outros equipamentos, aquecimento e arrefecimento).

Ao todo foram realizadas 99 simulações, de modo a atingir-se uma simulação que se aproxima dos consumos de referência quer ao nível dos consumos de energia elétrica, aquecimento e arrefecimento, como mostra a Figura 32, Figura 33 e Figura 34.

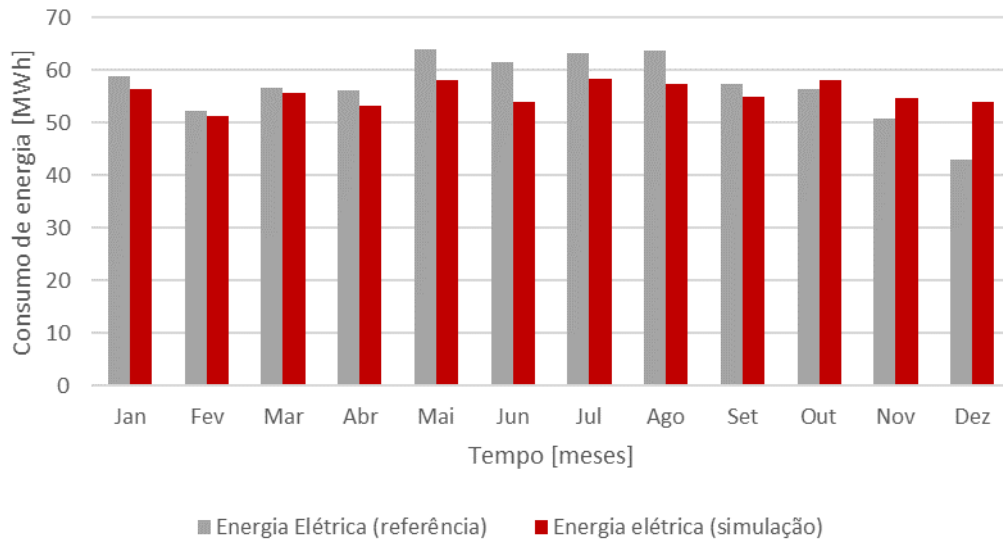


Figura 32 – Comparação dos consumos de energia elétrica de referência face aos simulados

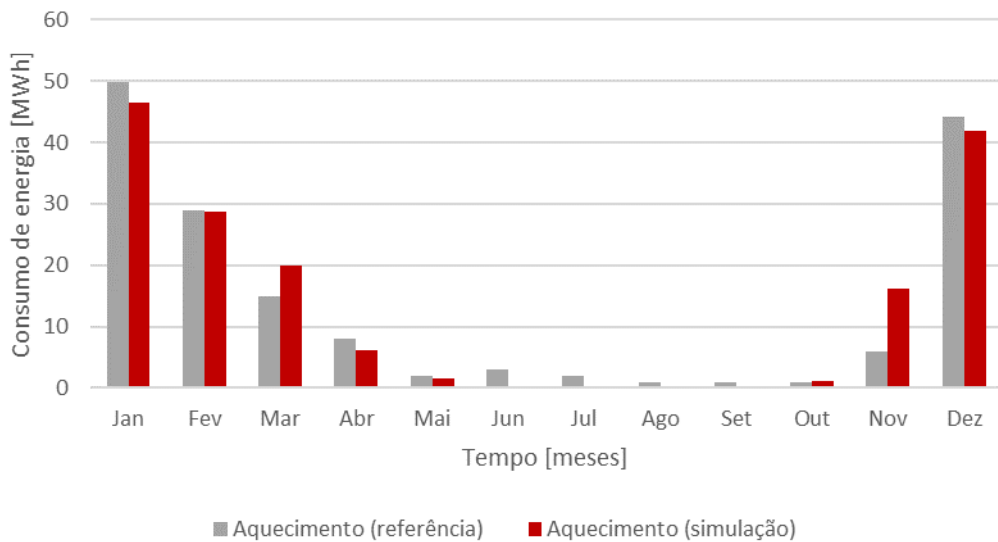
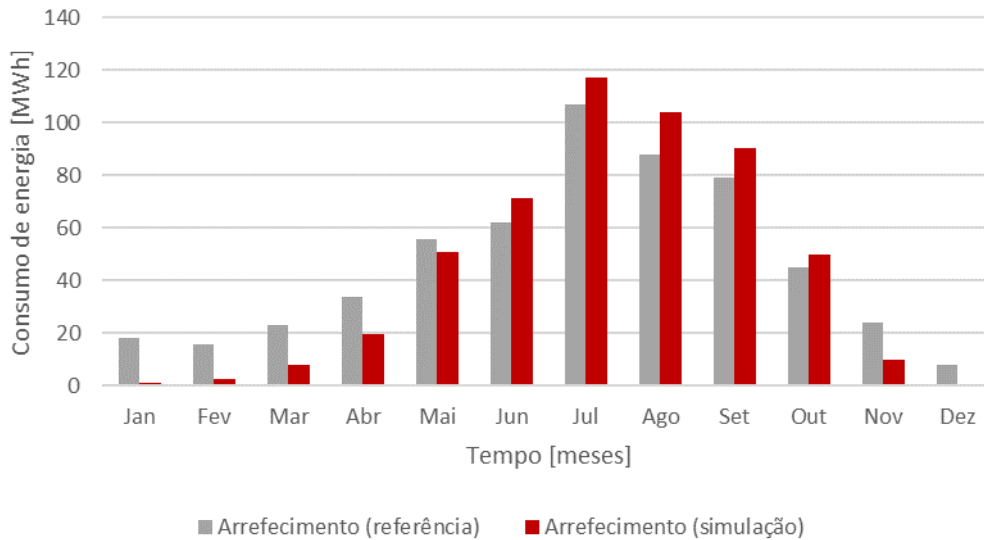
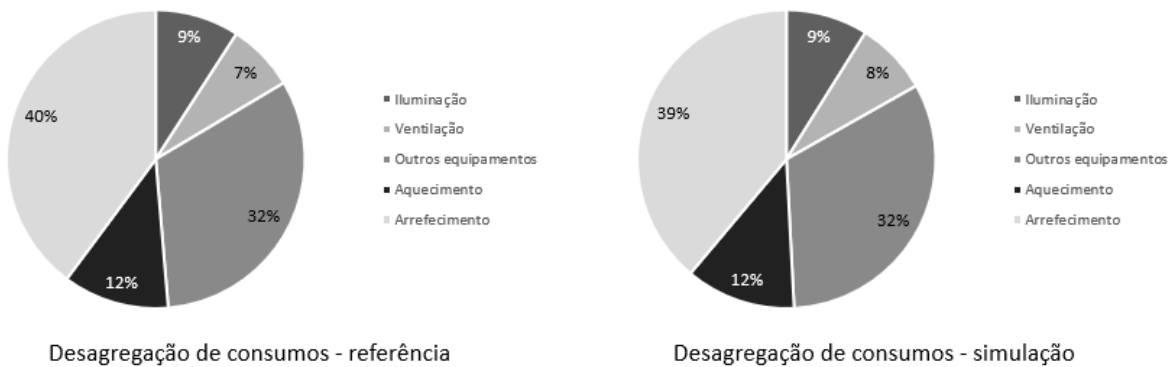


Figura 33 – Comparação dos consumos de aquecimento de referência face aos simulados



**Figura 34 – Comparação dos consumos de arrefecimento de referência face aos simulados**

Em termos de desagregação de consumos, também se verifica na Figura 35 uma proximidade de valores entre os valores de referência e de simulação para as 5 vertentes analisadas (iluminação, ventilação, outros equipamentos, aquecimento e arrefecimento).



**Figura 35 – Comparação da desagregação de consumos de referência face aos simulados**

### 4.3. Calibração do modelo

Como indicado anteriormente, para se calibrar o modelo, foram realizadas alterações aos parâmetros de entrada até que o modelo apresentasse um perfil de consumo de energia semelhante ao consumo de energia de referência (consumo faturado em 2015).

Para aferir a calibração do modelo, foram utilizados dois indicadores estatísticos (MBE – erro médio e o  $CV_{RMSE}$  – coeficiente de variação do erro médio quadrático) que relacionam o consumo de energia de referência com o consumo de energia simulado.

O erro médio permite quantificar o desvio do consumo de energia simulado relativamente ao consumo de energia real. O indicador estatístico é calculado através da Equação 1 [18]:

$$MBE = \frac{\sum (\hat{Y}_i - Y_i)}{Y} \times 100\% \quad (1)$$

Onde:

$\hat{Y}_i$  – indica o consumo de energia simulado para o mês  $i$ ;

$Y_i$  – indica o consumo de energia real para o mês  $i$ ;

$Y$  – indica o consumo real de energia anual.

O erro médio quadrático é utilizado como uma medida de variabilidade, permitindo verificar a dispersão dos dados. O indicador estatístico é calculado através da Equação 2 [18]:

$$RMSE_{\hat{Y}} = \sqrt{\frac{\sum (\hat{Y}_i - Y_i)^2}{n}} \quad (2)$$

Onde:

$\hat{Y}_i$  – indica o consumo de energia simulado para o mês  $i$ ;

$Y_i$  – indica o consumo de energia real para o mês  $i$ ;

$n$  – indica o número de meses.

Calculado o erro médio quadrático tem de se calcular o coeficiente de variação do erro médio quadrático, que é calculado através da Equação 3 [18]:

$$CV_{RMSE} = \frac{RMSE_{\hat{Y}}}{\bar{Y}} \times 100\% \quad (3)$$

Onde:

$RMSE_{\hat{Y}}$  – indica o erro médio quadrático para determinado mês;

$\bar{Y}$  – indica o consumo real de energia médio.

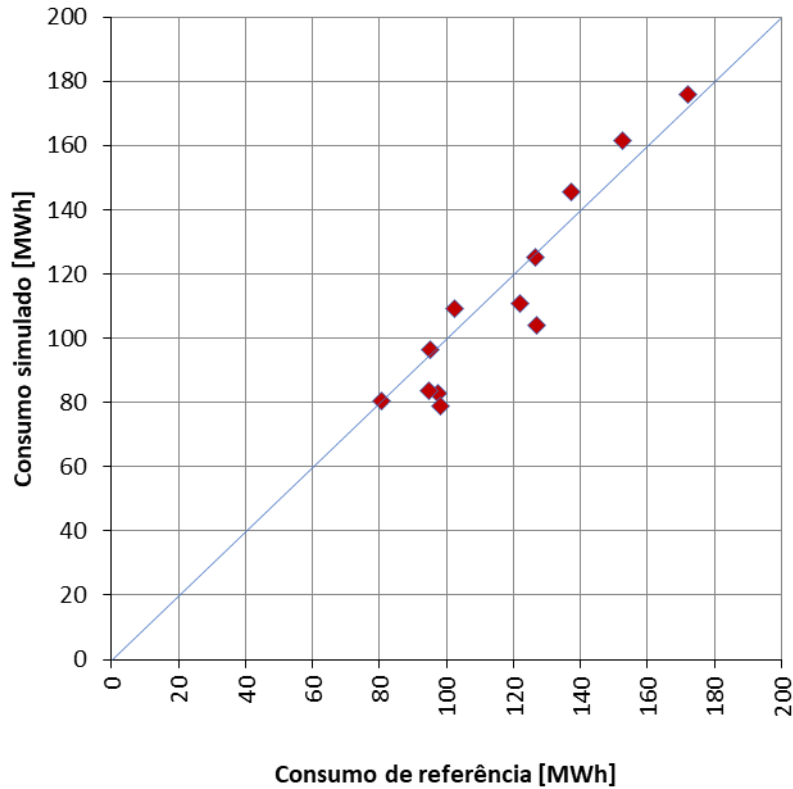
Para que o modelo possa ser considerado calibrado, os indicadores estatísticos apresentados têm de estar compreendidos entre os limites exigidos pelo Guia da *Ashrae* [18], identificados na Tabela 24 que dependem do período temporal considerado na calibração do modelo, podendo este ser horário ou mensal.

**Tabela 24 – Limites para os indicadores estatísticos [18]**

<b>Indicador estatístico</b>	<b>Período horário</b>	<b>Período mensal</b>
<b>MBE</b>	$\pm 10\%$	$\pm 5\%$
<b>CV<sub>RMSE</sub></b>	30%	15%

A calibração do modelo foi efetuada para o período mensal, com a comparação dos consumos mensais de energia (energia elétrica, aquecimento e arrefecimento), pelo que o consumo de energia simulado deverá apresentar um MBE máximo de  $\pm 5\%$  e um CV<sub>RMSE</sub> máximo de 15%.

O gráfico apresentado na Figura 36, representa a dispersão do consumo mensal de energia simulado *versus* o consumo mensal de energia de referência, correspondendo cada ponto ao consumo verificado num determinado mês. A bissetriz presente no gráfico, representa a correspondência exata entre os valores simulados e os valores de referência. Os dados acima dessa bissetriz indicam que os valores simulados estão acima dos valores de referência e os dados abaixo dessa bissetriz indicam que os valores simulados estão abaixo dos valores de referência.



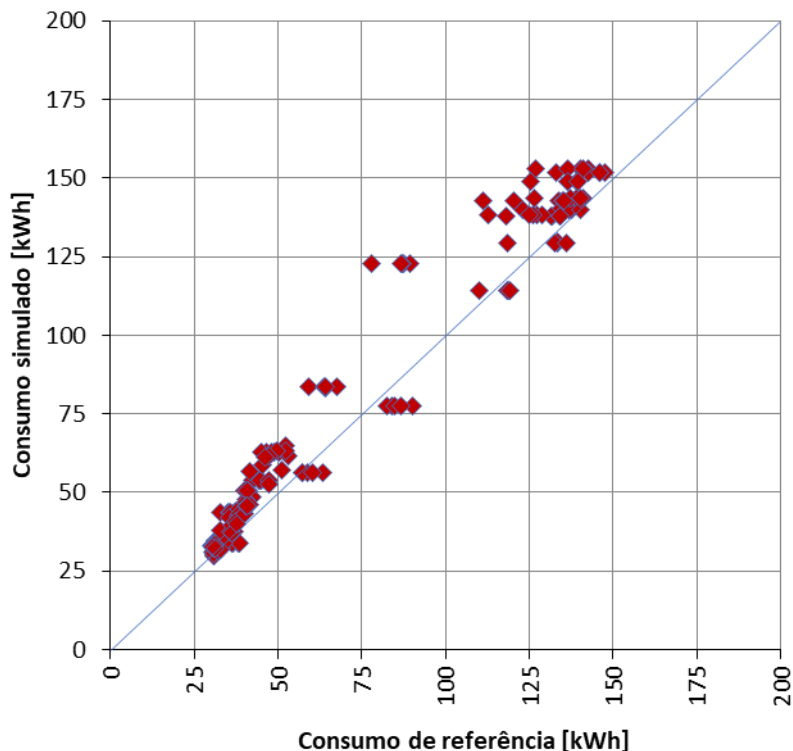
**Figura 36 – Calibração do modelo (período mensal)**

Deste modo verifica-se que os valores simulados se encontram dispersos em torno da bissetriz, o que indica que os valores simulados são coerentes com os valores de referência utilizados. Esta aproximação é também verificada pelos indicadores estatísticos indicados na Tabela 25, que mostram que a calibração do modelo para o período mensal está dentro dos limites e que se poderá considerar o modelo calibrado para este período.

**Tabela 25 – Indicadores estatísticos (período mensal)**

Indicador estatístico	Calibração	Limite
<b>MBE</b>	3,65%	± 5%
<b>CV<sub>RMSE</sub></b>	9,69 %	15%

Calibrado o modelo para o período mensal em termos de consumo global, foi realizada a calibração do modelo para o período horário, apenas para os consumos horários de energia elétrica, pelo que o consumo de energia simulado deverá apresentar um MBE máximo de ± 10% e um CV<sub>RMSE</sub> máximo de 30%.



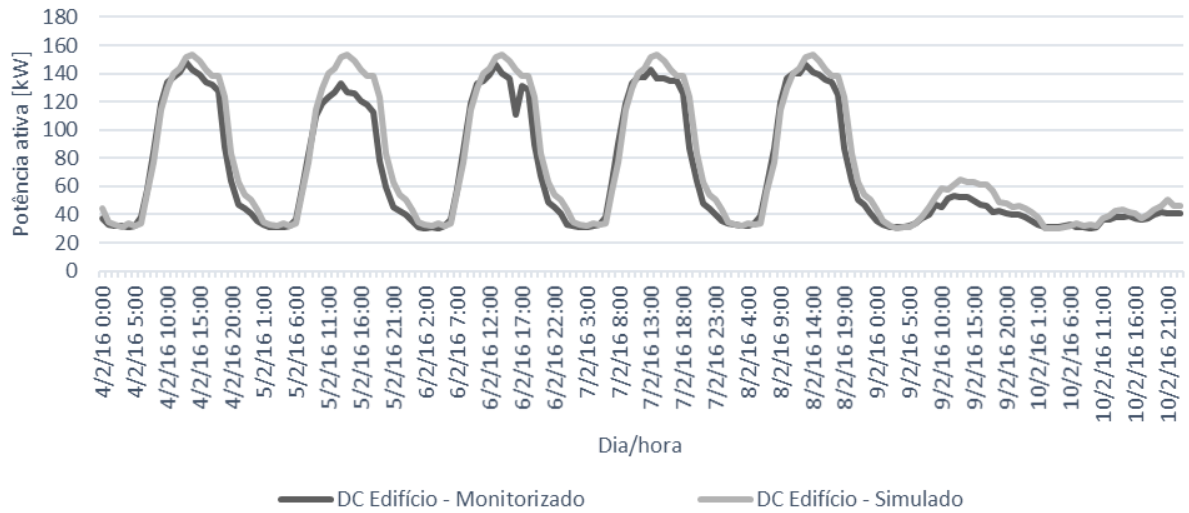
**Figura 37 – Calibração do modelo (período horário)**

**Tabela 26 – Indicadores estatísticos (período horário)**

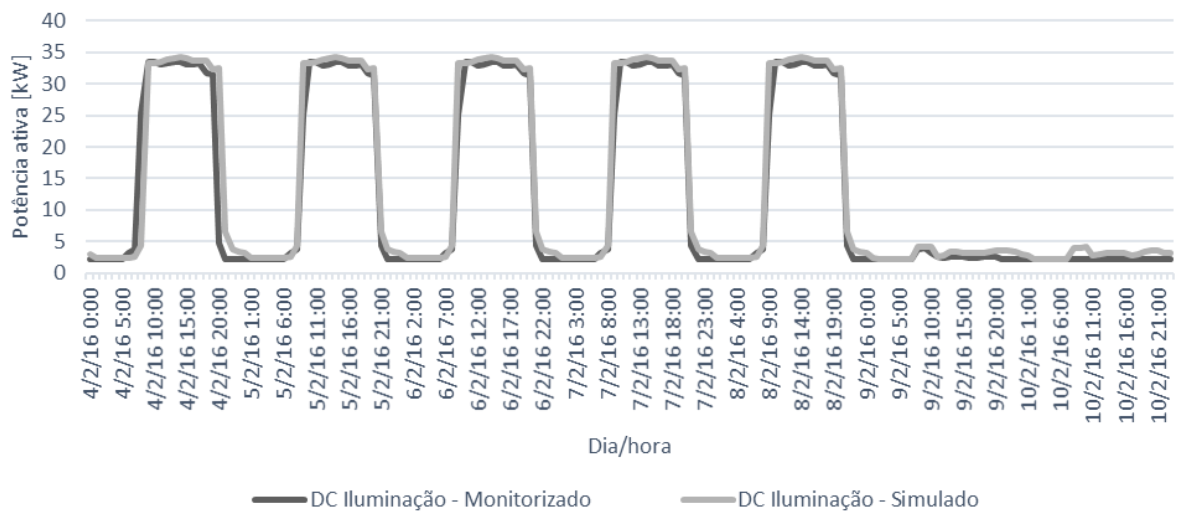
Indicador estatístico	Calibração	Limite
<b>MBE</b>	-9,42%	± 10%
<b>CV<sub>RMSE</sub></b>	16,17%	30%

Quer pela análise do gráfico da Figura 37 relativo à calibração do modelo para o período horário, quer pela interpretação dos valores estatísticos presentes na Tabela 26, verifica-se que a calibração do modelo para o período horário está dentro dos limites e que se poderá considerar o modelo calibrado para este período.

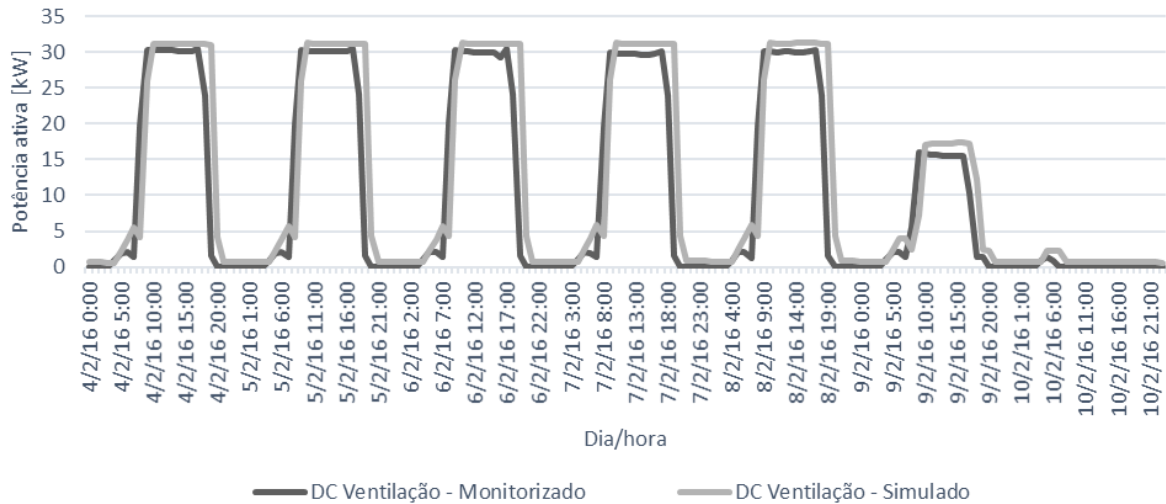
Após a calibração para os dois períodos, compararam-se os diagramas de carga originados da monitorização com os diagramas de carga originados pela simulação e deteta-se que os mesmos são coincidentes e que seguem o mesmo padrão de consumo de energia, de acordo com a Figura 38, Figura 39, Figura 40 e Figura 41.



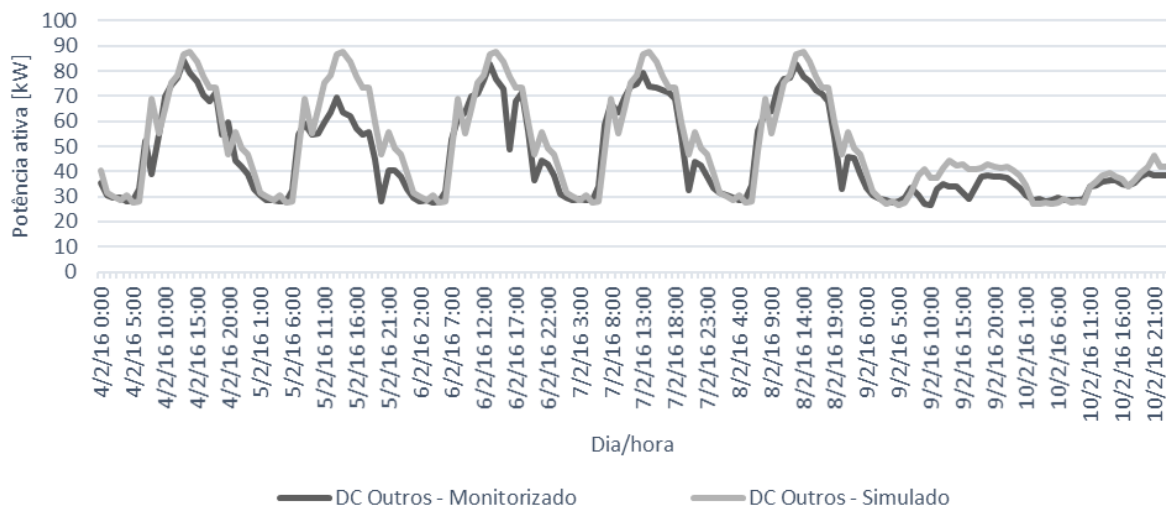
**Figura 38 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica global monitorizado face ao simulado**



**Figura 39 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação monitorizado face ao simulado**



**Figura 40 – Comparação do diagrama de carga do sistema de ventilação mecânica monitorizado face ao simulado**



**Figura 41 – Comparação do diagrama de carga dos outros equipamentos monitorizados face ao simulado**

## 5. Estudo de estratégias de *Demand Response*

De modo a avaliar o comportamento do edifício, foram impostas variações ao modelo de referência para o perfil de ventilação, o perfil de iluminação, tendo também sido dimensionado um sistema de produção descentralizada.

Como indicado anteriormente, *Demand Response* refere-se a mudanças no uso elétrico por consumidores finais face ao seu perfil normal de consumo, em resposta a mudanças ao preço da eletricidade ao longo do tempo ou para incentivo de pagamentos destinados a induzir o menor uso de energia elétrica no horário onde os preços são mais altos [5]. Nesse sentido, os cenários abaixo apresentados vão incluir estratégias de alteração de consumo, de forma a consumir menos energia nas horas de ponta e nas horas cheias.

Para analisar a possível redução de consumo de energia e seus efeitos em poupança monetária, recolheu-se através da Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) os períodos horários relativos ao ciclo diário [19] (apresentados na Tabela 27) e o valor monetário das tarifas a aplicar neste trabalho foram obtidas através da documentação disponível (apresentados na Tabela 28). Neste sentido a análise da estrutura tarifária teve como base o custo da energia ativa por períodos horários, o custo da potência contratada e o custo de potência horas de ponta.

**Tabela 27 – Período horário relativo ao ciclo diário para fornecimento de energia em BTE [19]**

<b>Ciclo diário para BTE em Portugal Continental</b>			
<b>Período de hora legal de Inverno</b>		<b>Período de hora legal de verão</b>	
	Previstas		Previstas
Ponta	9h/10h30	Ponta	10h30/13h
	18h/20h30		19h30/21h
Cheias	8h/9h	Cheias	8h/10h30
	10h30/18h		13h/19h30
	20h30/22h		21h/22h
Vazio normal	06h/8h	Vazio normal	06h/8h
	22h/02h		22h/02h
Super vazio	02h/06h	Super vazio	02h/06h

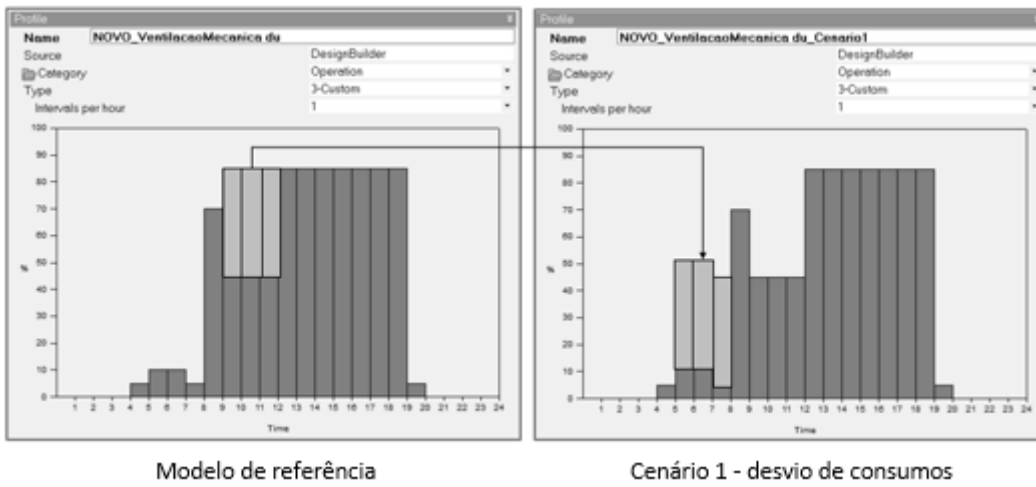
**Tabela 28 – Tarifas aplicadas para fornecimento de energia em BTE**  
**[Fonte: Documentação fornecida]**

<b>Potência</b>		<b>[€/kW.dia]</b>
Horas de ponta		0,5684
Contratada		0,0358
<b>Energia Ativa</b>		<b>[€/kWh]</b>
Períodos I, IV	Horas de ponta	0,066266
	Horas cheias	0,062634
	Horas de vazio normal	0,055199
	Horas de super vazio	0,050736
Períodos II, III	Horas de ponta	0,068091
	Horas cheias	0,064453
	Horas de vazio normal	0,058483
	Horas de super vazio	0,047077
<b>Termo de redes energia</b>		<b>[€/kWh]</b>
Períodos I, IV	Horas de ponta	0,0619
	Horas cheias	0,0534
	Horas de vazio normal	0,0028
	Horas de super vazio	0,0253
Períodos II, III	Horas de ponta	0,0619
	Horas cheias	0,0534
	Horas de vazio normal	0,0028
	Horas de super vazio	0,0253

### 5.1. Cenário 1 - Desvio de consumos

Para analisar a flexibilidade do diagrama de carga do edifício através do sistema de ventilação mecânica, adotou-se a estratégia de desviar o consumo de energia nas horas de ponta e cheias da parte da manhã, para as horas de super vazio e vazio normal. Ou seja, reduziu-se 50% da utilização entre as 9h e as 12h e passou-se a consumir esses 50% no horário compreendido entre as 5h e as 8h, conforme apresentado na Figura 42.

Perfil de ventilação para os dias úteis



Perfil de ventilação para os sábados

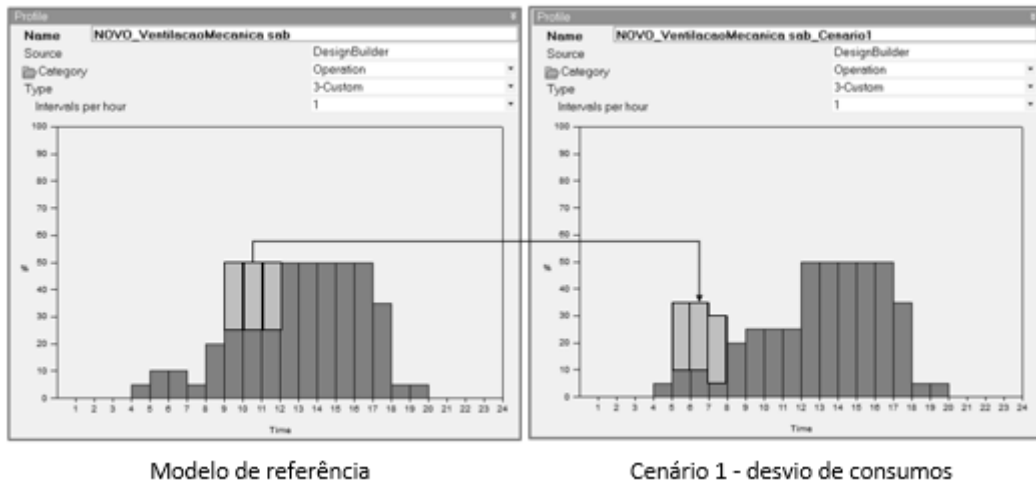
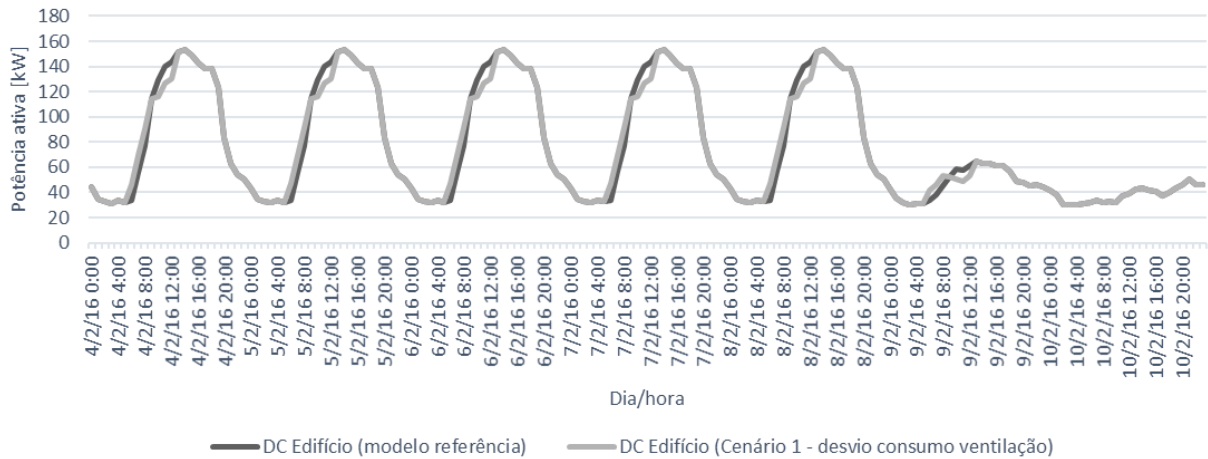


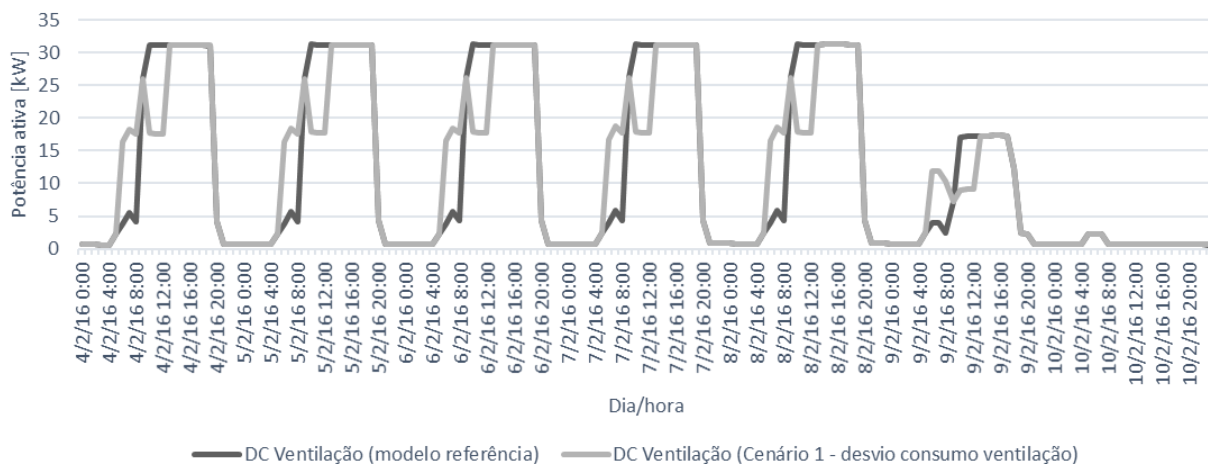
Figura 42 – Perfil de utilização do sistema de ventilação para o cenário 1 (desvio de consumos) [4]

Este desvio de consumo para horas onde o preço de energia é mais baixo, levou a uma diminuição do perfil normal de consumo, conforme se pode verificar na Figura 43.



**Figura 43 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação do cenário 1 - desvio de consumos)**

Apesar de ser notória a alteração no perfil de consumo de energia elétrica decorrente da alteração do perfil de ventilação, quando se compara o diagrama de carga da ventilação da simulação do modelo de referência com a simulação do cenário 1, a alteração fica mais evidente, conforme é verificado na Figura 44.



**Figura 44 – Comparação do diagrama de carga do sistema de ventilação mecânica (simulação do modelo de referência face à simulação do cenário 1 - desvio de consumos)**

Ao implementar este cenário, sabe-se que existem mudanças no consumo de energia face ao perfil normal de consumo, mas deteta-se que essas mudanças em termos de consumo são mais notórias no consumo de energia para aquecimento (-1,7% de consumo de energia, quando comparado com o modelo de referência), conforme se pode verificar na Tabela 29.

**Tabela 29 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 1 - desvio de consumos)**

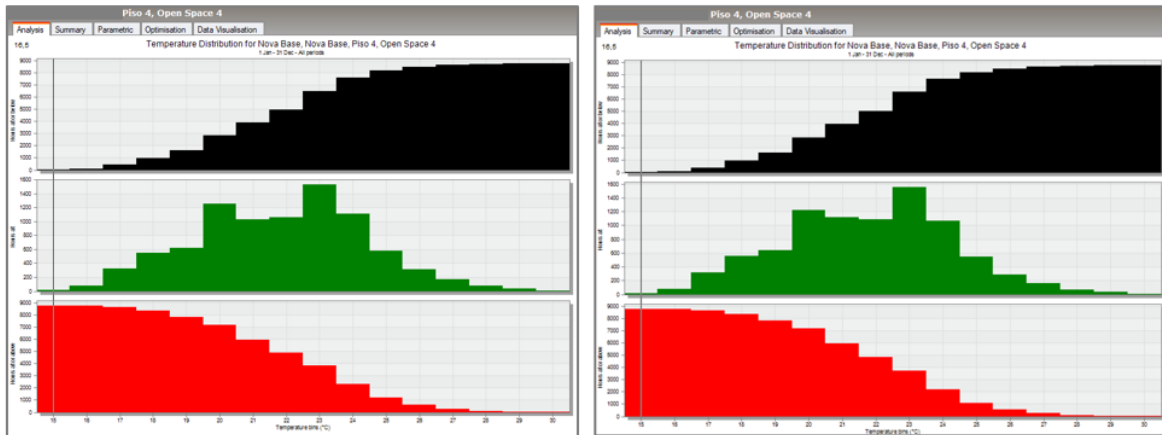
	Energia Elétrica [kWh]	Outros equipamentos [kWh]	Iluminação [kWh]	Ventilação [kWh]	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]
<b>Modelo de referência</b>	666 370	438 445	120 463	107 461	162 011	526 562
<b>Cenário 1 - desvio de consumos</b>	666 171	438 445	120 463	107 262	159 268	525 455
<b>Diferença</b>	-199	0	0	-199	-2 743	-1 107
<b>Diferença [%]</b>	0,0%	0,0%	0,0%	-0,2%	-1,7%	-0,2%

Para este cenário, deteta-se que existe uma diminuição de 3,0% na potência média em horas de ponta que origina um encargo com potência em horas de ponta de 19.286 €/ano e por consequente uma diminuição de 1,3% nos encargos totais anuais, conforme indicado na Tabela 30.

**Tabela 30 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 1 - desvio de consumos)**

	Potência contratada média [kW]	Potência média horas de ponta [kW]	Encargo termo redes de energia [€]	Encargo da energia ativa [€]	Encargo potência contratada [€]	Encargo potência horas de ponta [€]	Encargo total anual [€]
<b>Modelo de referência</b>	153,74	97,14	30 411	41 500	1 981	19 877	93 769
<b>Cenário 1 - desvio de consumos</b>	153,70	94,25	29 916	41 384	1 981	19 286	92 567
<b>Diferença</b>	-0,04	-2,89	-495	-116	0	-591	-1 202
<b>Diferença [%]</b>	0,0%	-3,0%	-1,6%	-0,3%	0,0%	-3,0%	-1,3%

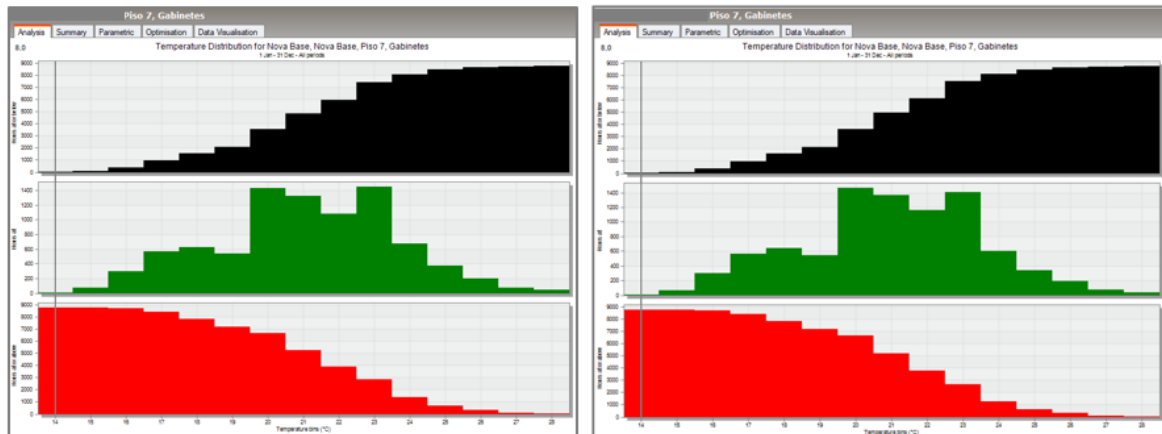
Nas figuras seguintes, pode-se observar a distribuição anual da temperatura nos espaços considerados mais importantes como os *open spaces* e os gabinetes, que são os locais maior densidade ocupacional durante o ano. A Figura 45 e Figura 46 são compostas por três gráficos onde é mostrada a quantidade de horas que uma determinada temperatura ocorre numa zona. O gráfico de cima representa a quantidade de horas em que uma temperatura está abaixo de um determinado valor, o gráfico do meio representa a quantidade de horas em que a temperatura está num determinado valor e o gráfico de baixo representa a quantidade de horas que uma temperatura está acima de um determinado valor.



Modelo de referência

Cenário 1 – desvio de consumos

**Figura 45 – Distribuição da temperatura do *open space* do piso 4 (simulação cenário 1 - desvio de consumos) [4]**



Modelo de referência

Cenário 1 – desvio de consumos

**Figura 46 – Distribuição da temperatura dos gabinetes do piso 7 (simulação cenário 1 - desvio de consumos) [4]**

Pela análise da Figura 45 e Figura 46 deteta-se que a distribuição anual de temperatura, possui a maior parte da temperatura entre os 20°C e os 23°C, o que vai ao encontro dos dados fornecidos na central térmica que controla de forma centralizada os *set-points* do edifício, estando parametrizado 20°C para o aquecimento e 23°C para o arrefecimento. Comparando a distribuição da temperatura entre o modelo de referência e da estratégia estudada, deteta-se que existe um aumento das horas em que a temperatura se situa entre os 20°C e os 22°C e uma redução das horas quando a temperatura se encontra nos 23°C.

## 5.2. Cenário 2 - Ventilação mecânica a funcionar de acordo com o perfil de ocupação

Outra estratégia que envolveu o sistema de ventilação mecânica, foi a alteração do perfil de ventilação de acordo com o perfil de ocupação do edifício conforme apresentado na Figura 47. Neste caso, o perfil de ocupação utilizado foi o perfil de ocupação relativo aos *open spaces* (do piso 1 a 6) e gabinetes (do piso 7), porque são as zonas com maior densidade ocupacional.

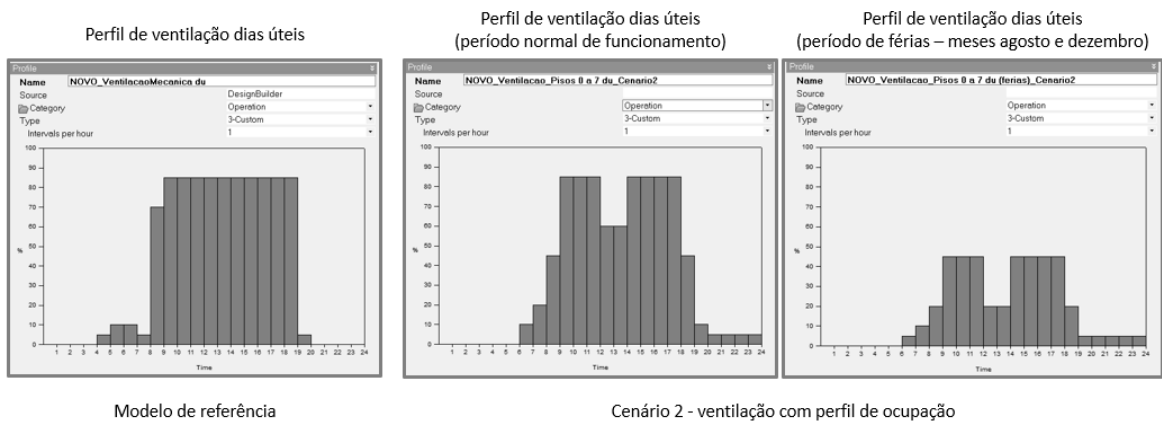


Figura 47 – Perfil de utilização do sistema de ventilação para o cenário 2 (ventilação com perfil de ocupação) [4]

Com esta alteração deteta-se através da análise da Figura 48 e Figura 49, que existe uma diminuição no consumo de energia nas horas de ponta e cheias, com mais notoriedade ao sábado.

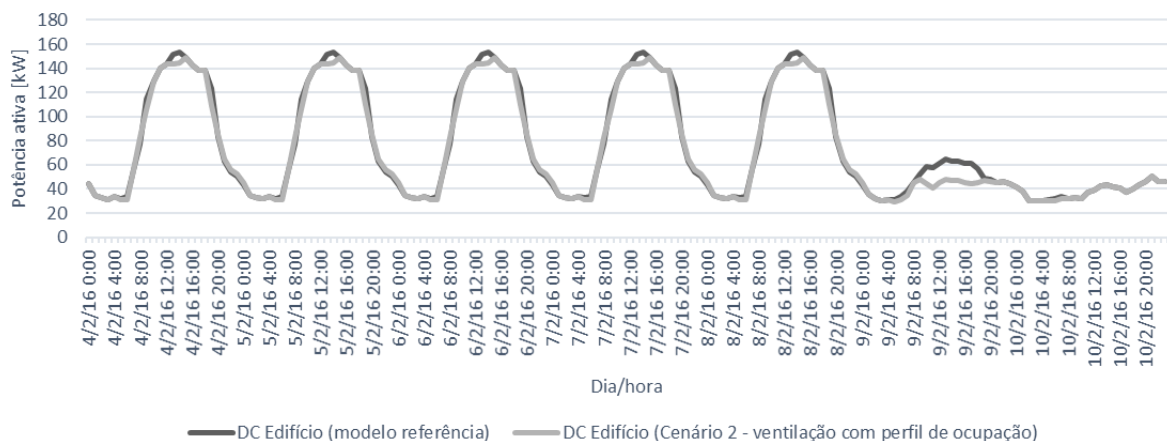
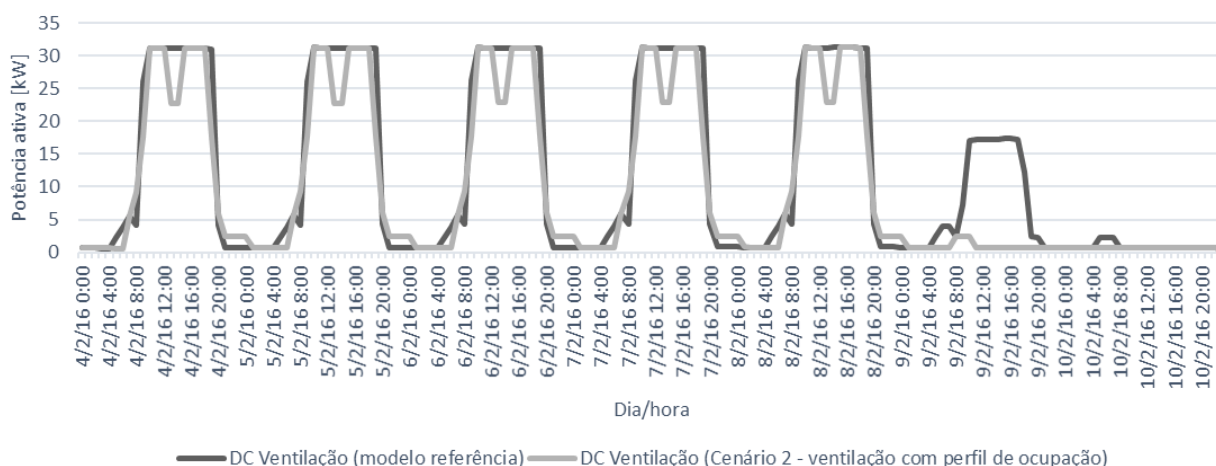


Figura 48 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação)



**Figura 49 – Comparação do diagrama de carga do sistema de ventilação (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação)**

Conforme se pode verificar na Tabela 31, com a implementação deste cenário deteta-se que existe uma diminuição de consumos de energia face ao modelo de referência. Ou seja, o consumo de energia elétrica diminuiu 3,4%, o consumo de energia para ventilação diminuiu 20,9%, o consumo de energia para aquecimento diminuiu 9,2% e o consumo de energia para arrefecimento diminuiu 2,2%.

**Tabela 31 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação)**

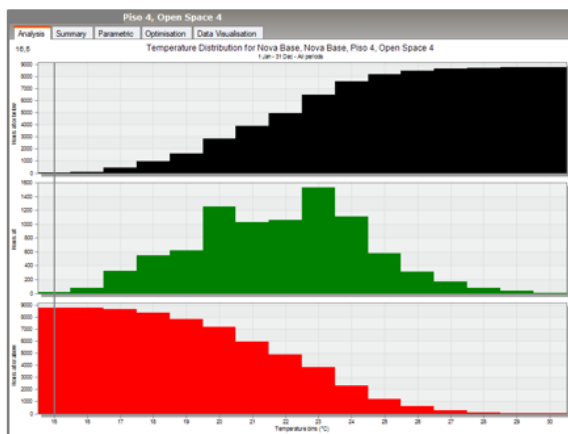
	Energia Elétrica [kWh]	Outros equipamentos [kWh]	Iluminação [kWh]	Ventilação [kWh]	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]
<b>Modelo de referência</b>	666 370	438 445	120 463	107 461	162 011	526 562
<b>Cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação</b>	643 957	438 445	120 463	85 049	147 150	514 911
<b>Diferença</b>	-22 413	0	0	-22 413	-14 861	-11 651
<b>Diferença [%]</b>	-3,4%	0,0%	0,0%	-20,9%	-9,2%	-2,2%

Para este cenário, obtém-se uma redução de 4,1% na potência contratada média e uma redução de 4,6% na potência média em horas de ponta. Este cenário origina um encargo com potência contratada de 1.900 €/ano e um encargo com potência em horas de ponta de 18.969 €/ano e por consequente uma diminuição de 3,9% nos encargos totais anuais, conforme indicado na Tabela 32.

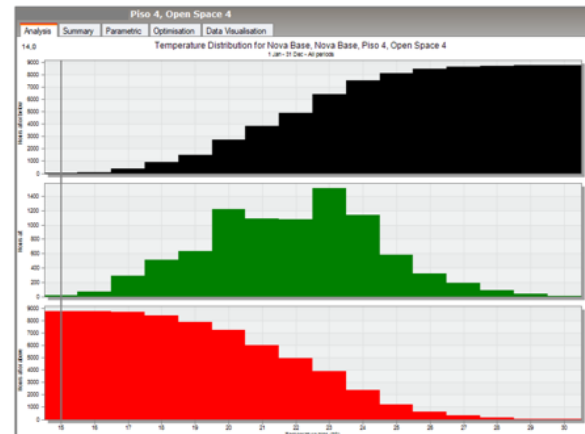
**Tabela 32 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação)**

	Potência contratada média [kW]	Potência média horas de ponta [kW]	Encargo termo redes de energia [€]	Encargo da energia ativa [€]	Encargo potência contratada [€]	Encargo potência horas de ponta [€]	Encargo total anual [€]
<b>Modelo de referência</b>	153,74	97,14	30 411	41 500	1 981	19 877	93 769
<b>Cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação</b>	147,41	92,70	29 146	40 066	1 900	18 969	90 081
<b>Diferença</b>	-6,33	-4,44	-1 265	-1 434	-81	-908	-3 688
<b>Diferença [%]</b>	-4,1%	-4,6%	-4,2%	-3,5%	-4,1%	-4,6%	-3,9%

Tal como no ponto anterior, a Figura 50 e Figura 51 representam a distribuição anual da temperatura nos espaços considerados mais importantes como os *open spaces* e os gabinetes. Em ambas as figuras deteta-se que a distribuição anual de temperatura possui a maior parte da temperatura entre os 20°C e os 23°C, o que vai ao encontro dos dados fornecidos na central térmica do edifício em estudo. Comparando a distribuição da temperatura entre o modelo de referência e da estratégia estudada, deteta-se pela análise da Figura 50 que no *open space* do piso 4 existe um aumento das horas em que a temperatura se situa nos 21°C e uma redução das horas quando a temperatura se encontra nos 20°C, mantendo as horas de funcionamento para a temperatura entre os 22°C e os 23°C. Na análise da Figura 51 deteta-se que nos gabinetes do piso 7 que existe um aumento das horas em que a temperatura se situa entre os 20°C e os 22°C e uma redução das horas quando a temperatura se encontra nos 23°C.



Modelo de referência



Cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação

**Figura 50 – Distribuição da temperatura do *open space* do piso 4 (simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação) [4]**

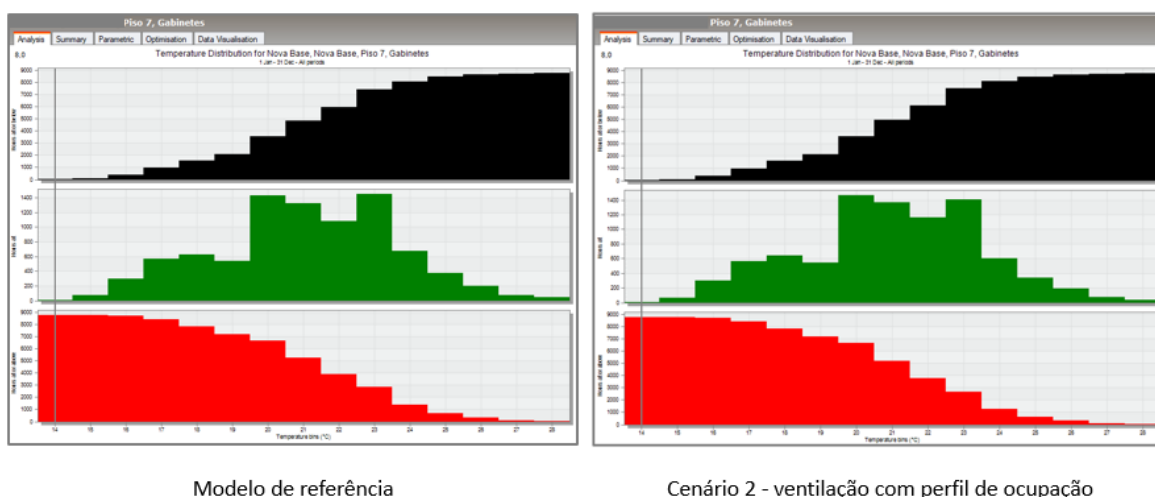


Figura 51 – Distribuição da temperatura dos gabinetes do piso 7 (simulação cenário 2 - ventilação com perfil de ocupação) [4]

### 5.3. Cenário 3 - Aproveitamento da iluminação natural (*daylighting*)

Para analisar a flexibilidade do diagrama de carga do edifício através do sistema de iluminação, analisou-se a redução do consumo de energia elétrica através do aproveitamento da iluminação natural (*daylighting*) para os *open spaces* do piso 1 ao 6 e para os gabinetes do piso 7.

*Daylighting* é o aproveitamento controlado de iluminação natural num edifício, para reduzir o consumo de energia elétrica associado à iluminação. A iluminação natural ajuda a criar um ambiente visualmente estimulante e produtivo para os ocupantes, podendo reduzir até um terço os custos totais de energia do edifício [20].

Foi analisada qual a percentagem de iluminação que pode ser regulada através de *dimming*<sup>5</sup>, através da análise do sistema de iluminação atual e foi considerada toda a iluminação LED e de halogéneo, sendo que a percentagem de iluminação regulada por zona analisada é a que se encontra na Tabela 33.

<sup>5</sup> Termo em inglês para referir o controlo de fluxo luminoso

**Tabela 33 – Percentagem de iluminação regulada por *dimming* para a análise do *daylighting***

Zona analisada	% de iluminação regulada
<i>Open space 1</i>	97%
<i>Open space 2</i>	96%
<i>Open space 3</i>	97%
<i>Open space 4</i>	97%
<i>Open space 5</i>	97%
<i>Open space 6</i>	97%
Gabinetes	79%

### 5.3.1. Cenário 3.1 - Controlo linear

Após a análise anterior, foi ativado o controlo de iluminação no *software DesignBuilder*, onde se definiu o controlo do tipo linear com fração mínima de potência de entrada e fração mínima de saída de 10% e definimos como 19 o índice máximo de encadeamento e uma iluminância de 500 lux, de acordo com a norma europeia de iluminação [17].

O próximo passo efetuado foi a definição da localização e da quantidade de sensores de iluminação a colocar por zona a analisar. Os sensores de iluminação foram definidos a 2 m de altura e plano de trabalho a uma altura de 0,8 m.

No *software DesignBuilder*, é necessário dividir a zona a analisar em duas zonas quando a zona a analisar possui uma grande área e o sensor de iluminação pode não representar a luz natural disponível nas outras áreas da zona, ou quando a zona possui duas áreas com diferentes requisitos de iluminação e ambas as zonas podem beneficiar de iluminação natural. Por exemplo, como indicado na Figura 52, apesar dos requisitos de iluminação serem os mesmos para os gabinetes do piso 7, foi necessário definir dois sensores de iluminação para esta zona, porque a mesma possui uma grande área útil.

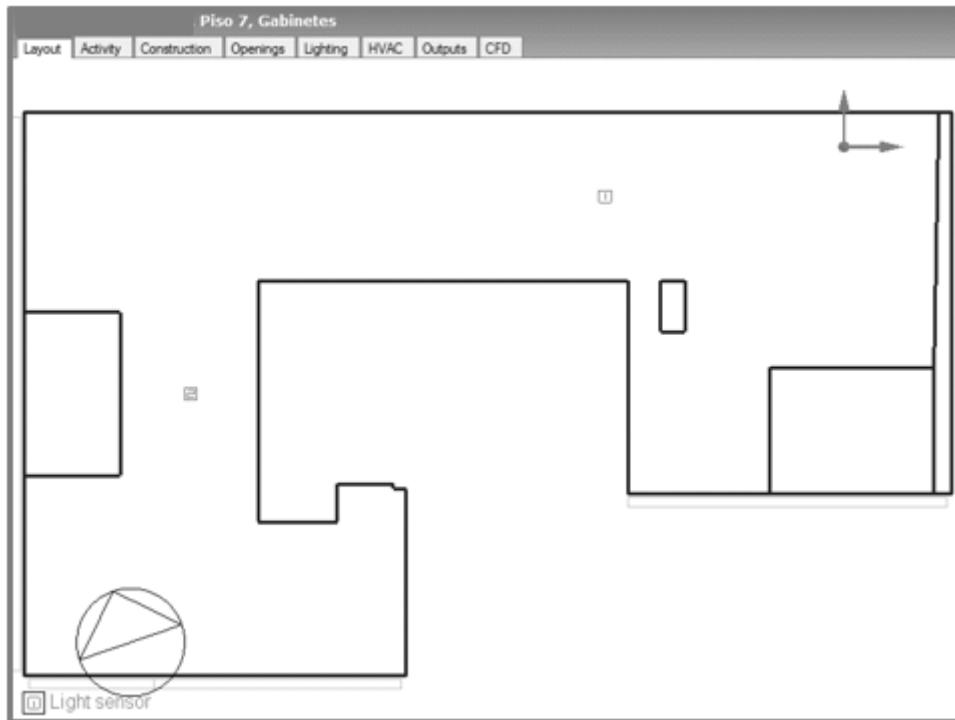


Figura 52 – Exemplo da localização dos sensores de iluminação

(Fonte: *Software DesignBuilder*)

Na definição dos gabinetes do piso 7 com duas áreas distintas, teve de se dividir a percentagem de iluminação regulada, de acordo com a Figura 53.

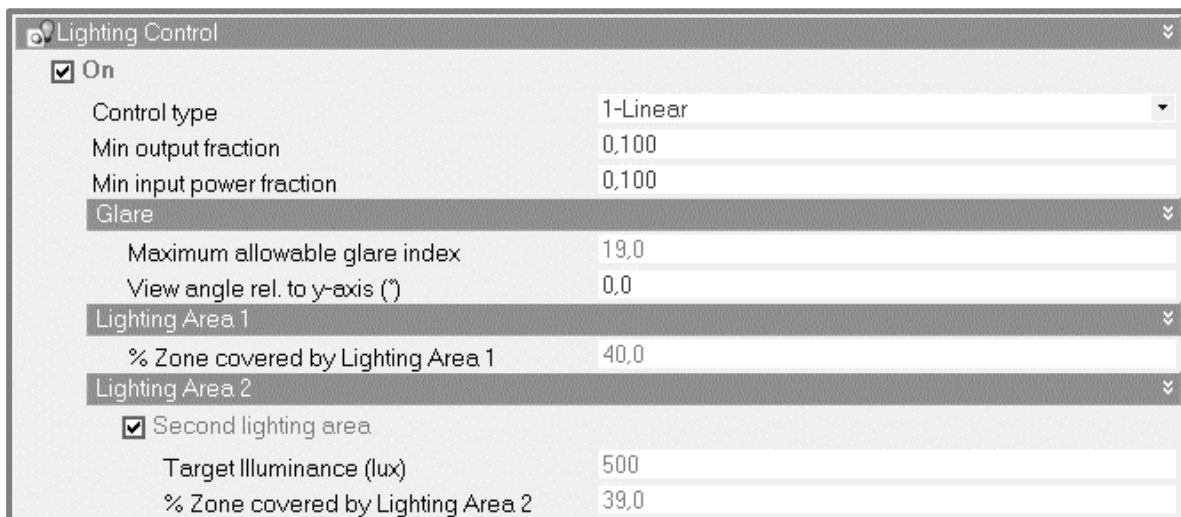
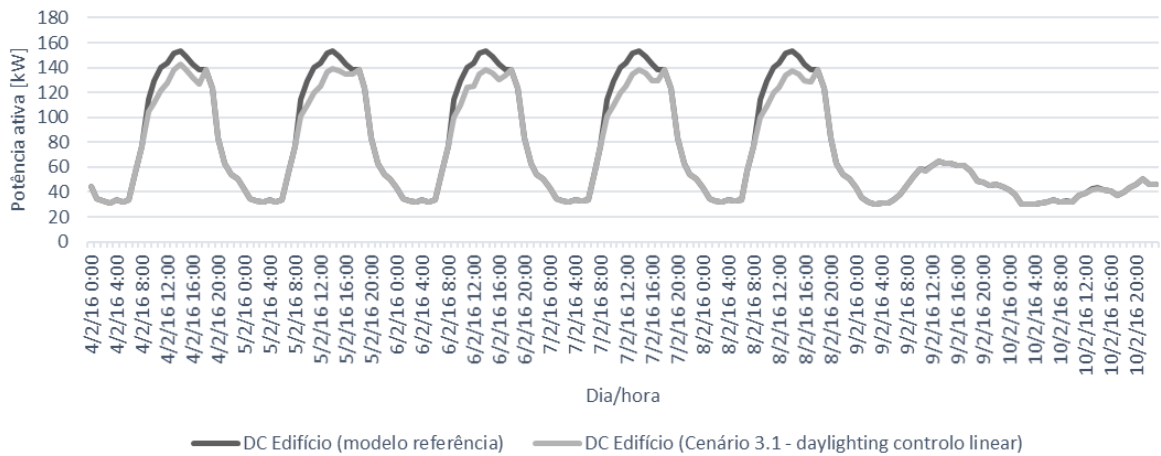


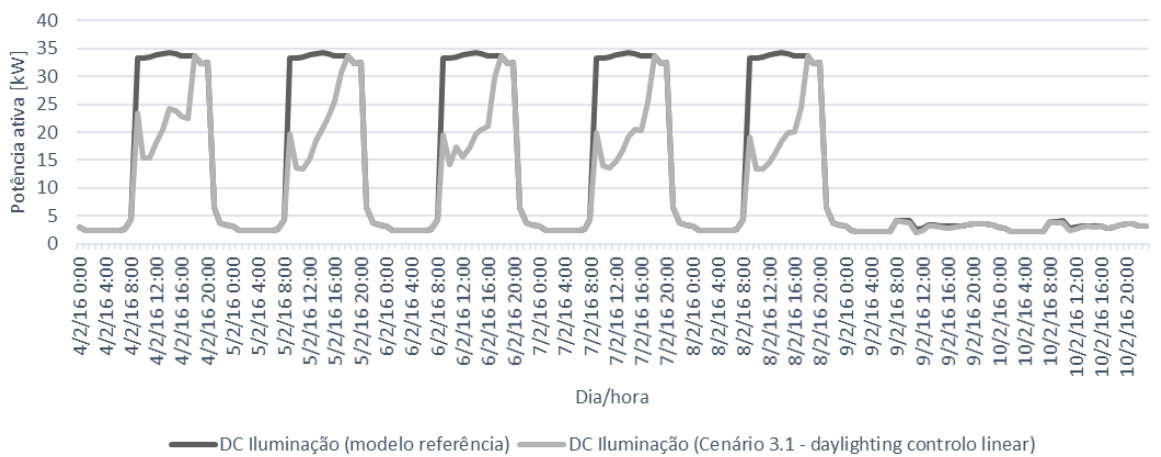
Figura 53 – Exemplo da parametrização do controlo linear [4]

A simulação dos consumos de energia tendo em consideração o controlo de iluminação natural foi simulado utilizando o modelo '*Detailed sky diffuse modelling*'. Com esta implementação, deteta-se através da análise da Figura 54 e

Figura 55, que existe uma diminuição no consumo de energia nas horas de ponta e cheias.



**Figura 54 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 3.1 - *daylighting* com controlo linear)**



**Figura 55 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 3.1 - *daylighting* com controlo linear)**

Com a implementação deste cenário, deteta-se que existe uma diminuição de consumos de energia face ao modelo de referência. Ou seja, o consumo de energia elétrica diminuiu 5,0%, o consumo de energia para iluminação diminuiu 27,8%, o consumo de energia para arrefecimento diminuiu 2,2%. Relativamente ao consumo de energia para aquecimento existiu um aumento de 4,0%, conforme se pode verificar na Tabela 34.

**Tabela 34 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 3.1 - *daylighting* com controlo linear)**

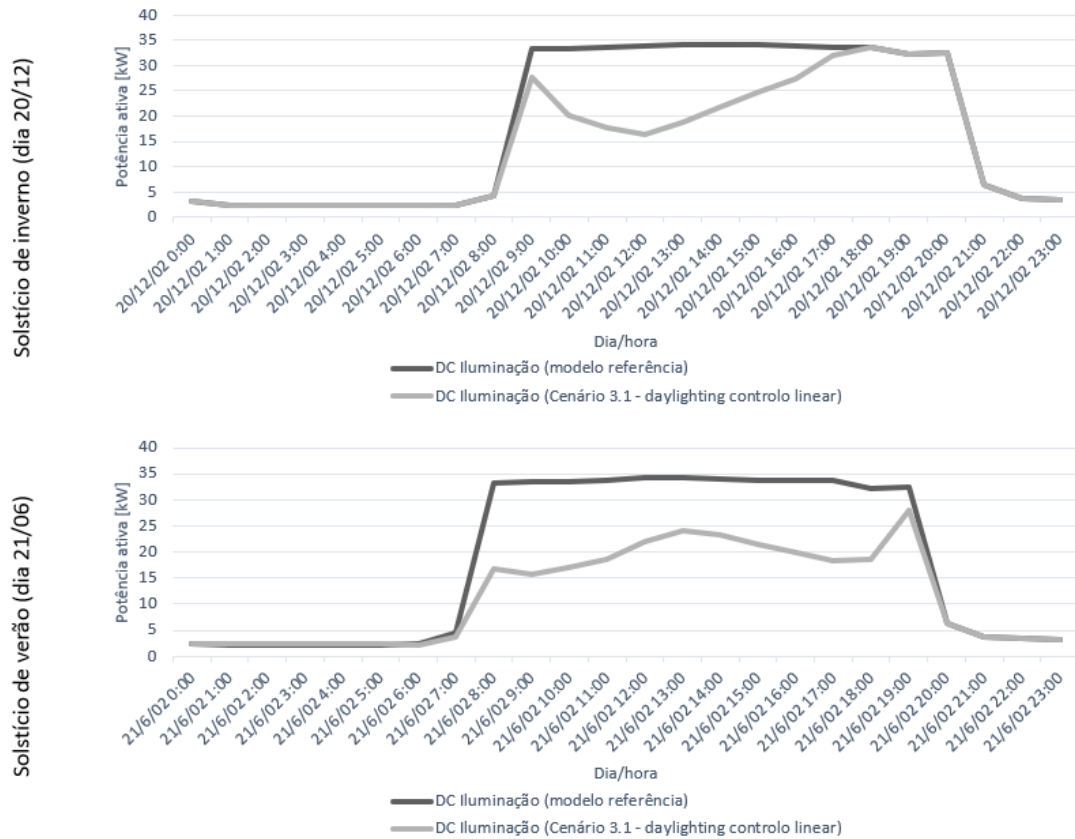
	Energia Elétrica [kWh]	Outros equipamentos [kWh]	Iluminação [kWh]	Ventilação [kWh]	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]
<b>Modelo de referência</b>	666 370	438 445	120 463	107 461	162 011	526 562
<b>Cenário 3.1 - <i>daylighting</i> com controlo linear</b>	632 867	438 451	86 939	107 477	168 442	515 099
<b>Diferença</b>	-33 502	6	-33 524	15	6 431	-11 463
<b>Diferença [%]</b>	-5,0%	0,0%	-27,8%	0,0%	4,0%	-2,2%

Pela análise da estrutura tarifária, também se deteta uma diminuição relativamente aos encargos totais anuais com a energia elétrica. Para este cenário, obtém-se uma redução de 3,5% na potência contratada média e uma redução de 5,2% na potência média em horas de ponta. Este cenário origina um encargo com potência contratada de 1.911 €/ano e um encargo com potência em horas de ponta de 18.833 €/ano e uma consequente diminuição de 5,5% nos encargos totais anuais, conforme indicado na Tabela 35.

**Tabela 35 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 3.1 - *daylighting* com controlo linear)**

	Potência contratada média [kW]	Potência média horas de ponta [kW]	Encargo termo redes de energia [€]	Encargo da energia ativa [€]	Encargo potência contratada [€]	Encargo potência horas de ponta [€]	Encargo total anual [€]
<b>Modelo de referência</b>	153,74	97,14	30 411	41 500	1 981	19 877	93 769
<b>Cenário 3.1 - <i>daylighting</i> com controlo linear</b>	148,32	92,04	28 564	39 340	1 911	18 833	88 649
<b>Diferença</b>	-5,43	-5,10	-1 847	-2 160	-70	-1 043	-5 121
<b>Diferença [%]</b>	-3,5%	-5,2%	-6,1%	-5,2%	-3,5%	-5,2%	-5,5%

Para permitir uma noção do comportamento do edifício ao nível do controlo da iluminação natural, comparou-se o diagrama de carga de iluminação entre o dia mais pequeno do ano (solstício de inverno) e o dia maior do ano (solstício de verão), conforme a Figura 56. Pela análise dos gráficos deteta-se que no solstício de inverno a iluminação natural contribui para a iluminação do edifício entre as 9h e as 17h30 e que no solstício de verão a iluminação natural contribui para a iluminação do edifício entre as 7h e as 19h30.



**Figura 56 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação solstício de inverno face ao solstício de verão (*daylighting* com controlo linear)**

Para completar o estudo relativo ao controlo de iluminação natural através do controlo linear, foi analisado o mapa térmico da iluminância que mostra a distribuição da luz natural na zona para as condições do céu seleccionadas, estando seleccionado o céu nublado uniforme. Os níveis de luz natural são mostrados em lux e em fator de iluminação natural. O mapa térmico de *daylighting* anual mostra a distribuição da disponibilidade de luz natural da zona ao longo do ano, sendo que os valores representam a percentagem de tempo em que os níveis de luz natural estão acima da iluminância definida (neste caso 500 lux, de acordo com a norma europeia [17]). Na Figura 57, está presente o mapa térmico da iluminância e o mapa térmico de *daylighting* anual, para a análise de *daylighting* com controlo linear.

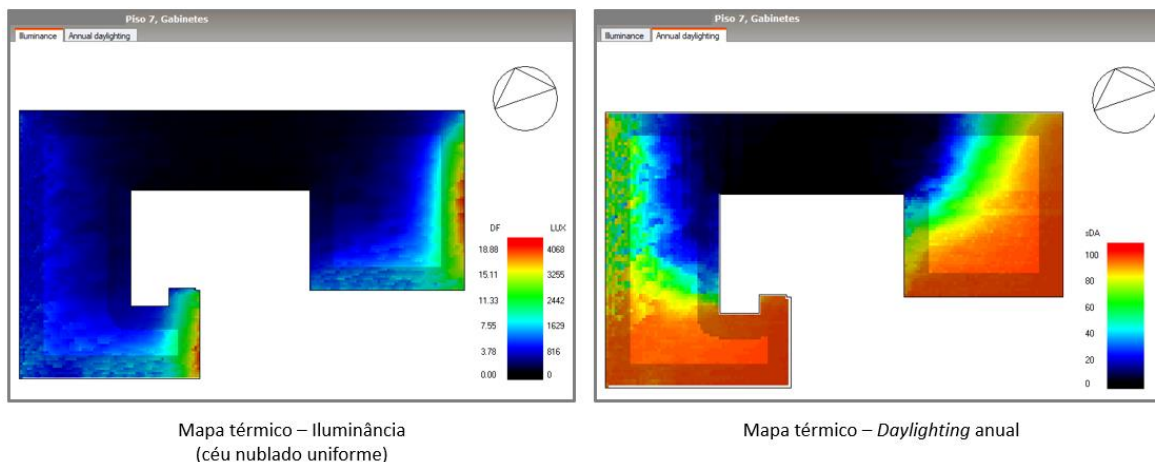


Figura 57 – Mapa térmico da iluminância e mapa térmico de *daylighting* anual (Piso 7 – gabinetes, *daylighting* com controlo linear) [4]

### 5.3.2. Cenário 3.2 - Controlo por patamares (*stepped*)

Para analisar o *daylighting*, através do controlo por patamares (*stepped*) foi ativado este tipo de controlo no *software Design Builder* com 5 *steps* (*steps* de 100 lux em 100 lux até 500 lux), de acordo com a Figura 58.

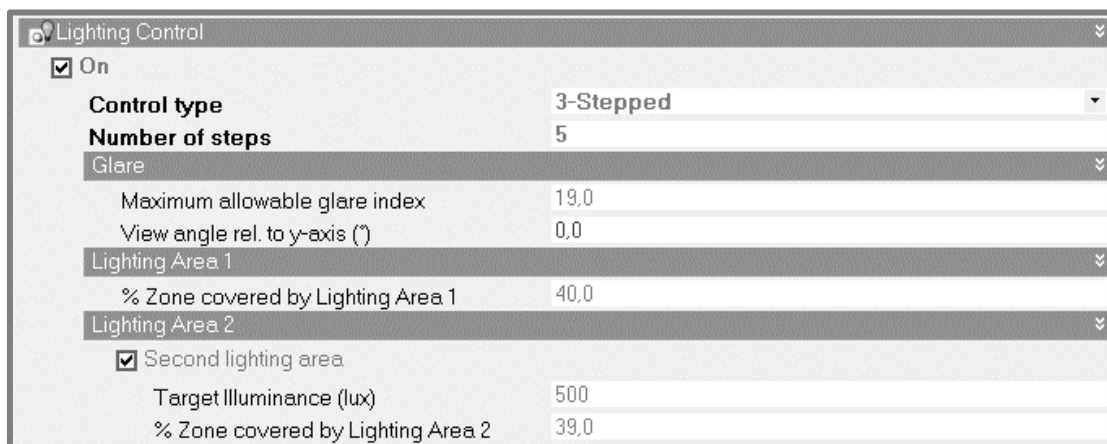
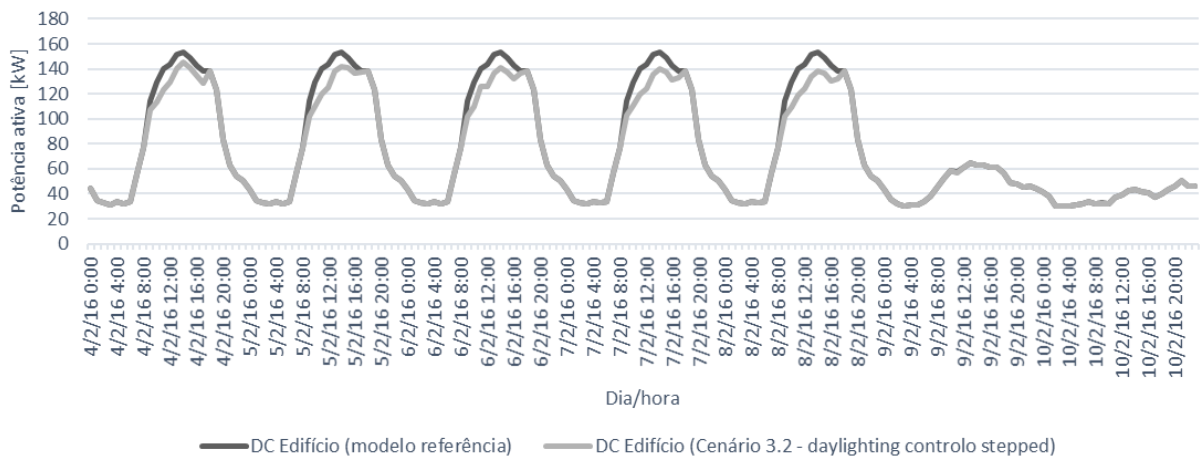


Figura 58 – Exemplo da parametrização do controlo *stepped* [4]

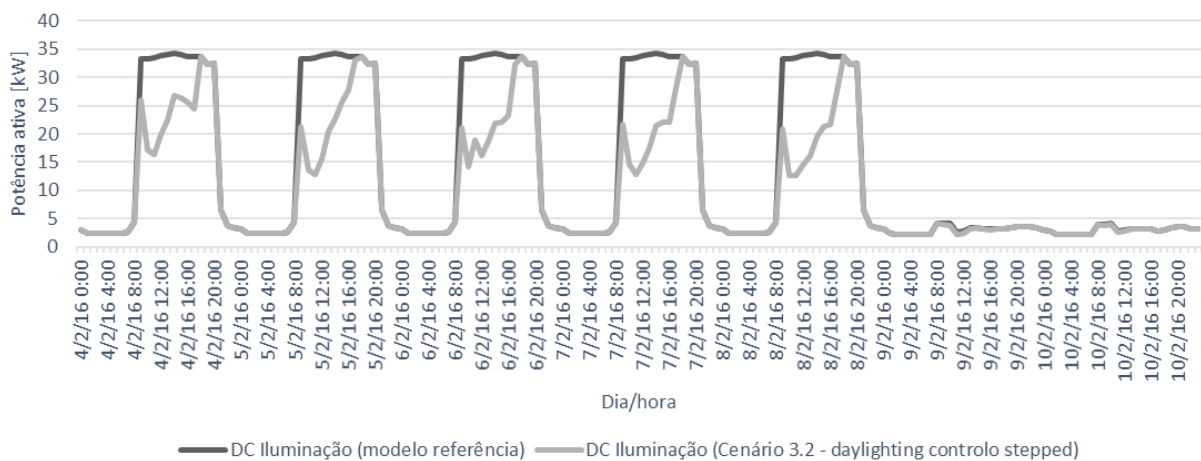
Para esta análise, utilizou-se o que foi definido para o estudo do *daylighting* com controlo linear, ou seja, a percentagem de iluminação que pode ser dimável foi a mesma, a localização dos sensores de iluminação foram definidos a 2 m de altura e plano de trabalho a uma altura de 0,8 m e a quantidade de sensores de

iluminação a colocar por zona por vezes foram dois, porque as zonas possuem uma grande área útil.

A simulação dos consumos de energia foi obtida tendo em consideração o controlo de iluminação natural com o modelo '*Detailed sky diffuse modelling*', detetando-se através da análise da Figura 59 e Figura 60, que existe uma diminuição no consumo de energia nas horas de ponta e cheias.



**Figura 59 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 3.2 - *daylighting* com controlo *stepped*)**



**Figura 60 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 3.2 - *daylighting* com controlo *stepped*)**

Com a implementação deste cenário deteta-se que existe uma diminuição de consumos de energia face ao modelo de referência. Ou seja, o consumo de energia elétrica diminuiu 4,2%, o consumo de energia para iluminação diminuiu

23,4%, o consumo de energia para arrefecimento diminuiu 1,6%. Relativamente ao consumo de energia para aquecimento existiu um aumento de 3,2%, conforme se pode verificar na Tabela 36.

**Tabela 36 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 3.2 - *daylighting* com controlo *stepped*)**

	Energia Elétrica [kWh]	Outros equipamentos [kWh]	Iluminação [kWh]	Ventilação [kWh]	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]
<b>Modelo de referência</b>	666 370	438 445	120 463	107 461	162 011	526 562
<b>Cenário 3.2 - <i>daylighting</i> com controlo <i>stepped</i></b>	638 266	438 454	92 328	107 484	167 124	518 086
<b>Diferença</b>	-28 104	8	-28 135	23	5 113	-8 476
<b>Diferença [%]</b>	-4,2%	0,0%	-23,4%	0,0%	3,2%	-1,6%

Pela análise da estrutura tarifária, também se deteta uma diminuição relativamente aos encargos totais anuais com a energia elétrica. Para este cenário, obtém-se uma redução de 2,0% na potência contratada média e uma redução de 4,4% na potência média em horas de ponta. Este cenário origina um encargo com potência contratada de 1.942 €/ano e um encargo com potência em horas de ponta de 19.006 €/ano e uma consequente diminuição de 4,6% nos encargos totais anuais, conforme indicado na Tabela 37.

**Tabela 37 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 3.2 - *daylighting* com controlo *stepped*)**

	Potência contratada média [kW]	Potência média horas de ponta [kW]	Encargo termo redes de energia [€]	Encargo da energia ativa [€]	Encargo potência contratada [€]	Encargo potência horas de ponta [€]	Encargo total anual [€]
<b>Modelo de referência</b>	153,74	97,14	30 411	41 500	1 981	19 877	93 769
<b>Cenário 3.2 - <i>daylighting</i> com controlo <i>stepped</i></b>	150,69	92,88	28 861	39 688	1 942	19 006	89 497
<b>Diferença</b>	-3,05	-4,26	-1 550	-1 812	-39	-871	-4 273
<b>Diferença [%]</b>	-2,0%	-4,4%	-5,1%	-4,4%	-2,0%	-4,4%	-4,6%

Para este cenário, tal como foi realizado para o cenário do controlo linear, comparou-se o diagrama de carga de iluminação entre o dia mais pequeno do ano (solstício de inverno) e o dia maior do ano (solstício de verão), conforme a Figura 61. Pela análise dos gráficos deteta-se que no solstício de inverno, a iluminação natural contribui para a iluminação do edifício entre as 9h e as 17h e que no solstício de verão a iluminação natural contribui para a iluminação do edifício entre as 7h e as 19h.

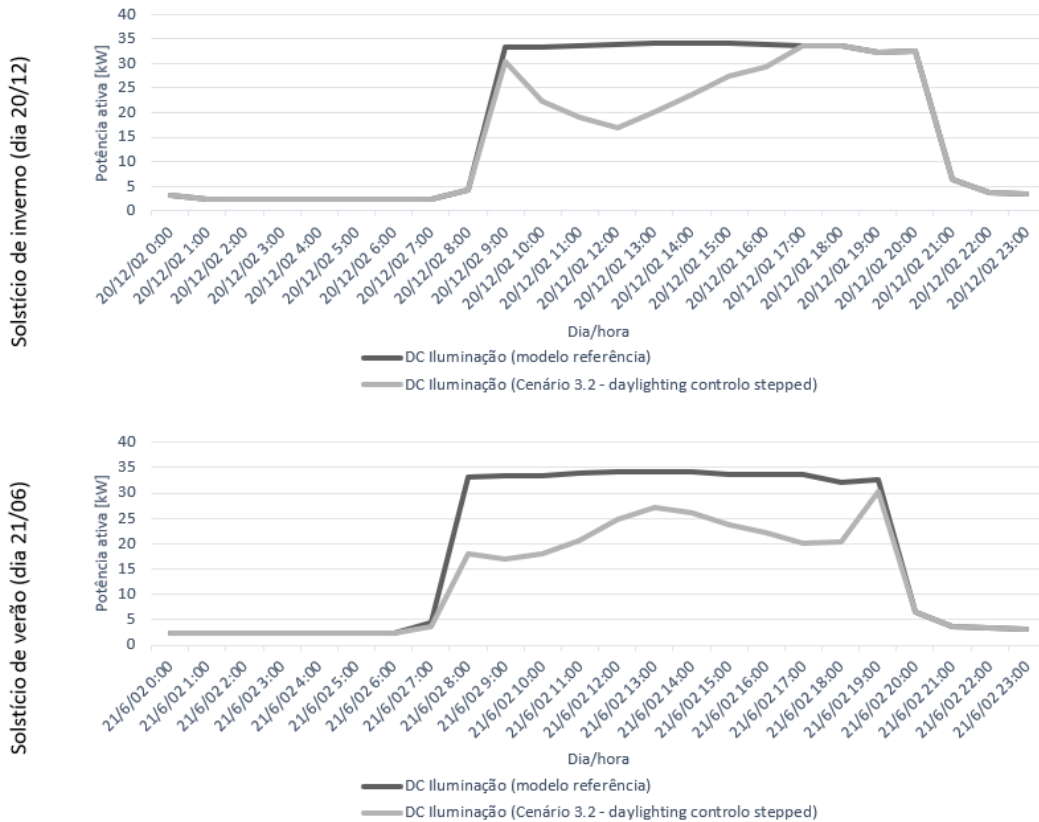


Figura 61 – Comparação do diagrama de carga do sistema de iluminação solstício de inverno face ao solstício de verão (*daylighting* com controlo *stepped*)

Para completar o estudo relativo ao controlo de iluminação natural através do controlo *stepped*, é apresentado na Figura 62 o mapa térmico da iluminância e o mapa térmico de *daylighting* anual.

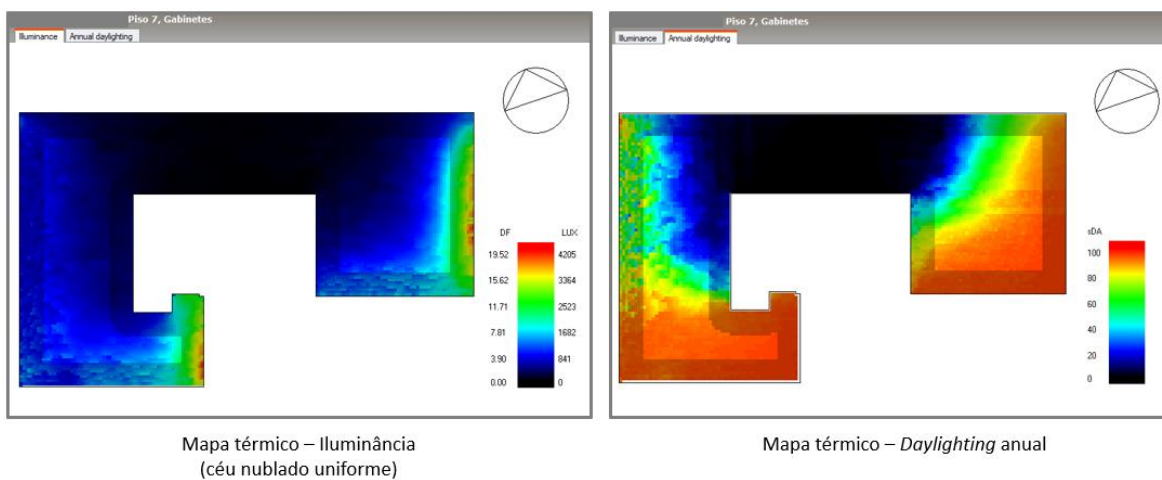


Figura 62 – Mapa térmico da iluminância e mapa térmico de *daylighting* anual (Piso 7 – gabinetes, *daylighting* com controlo *stepped*) [4]

#### 5.4. Cenário 4 - Integração de sistema de produção descentralizada

Outra estratégia analisada de forma a reduzir o consumo de energia nas horas de pontas e nas horas de cheias, envolveu o dimensionamento de um sistema de produção descentralizada.

Analisando os diagramas de carga da instalação, deteta-se que a instalação consome na sua totalidade em média 78,78 kW de potência ativa e uma potência máxima de 162,11 kW. O mês de menor consumo é o mês de fevereiro, que consome em média 79,08 kW de potência ativa e uma potência máxima de 160,84 kW e o mês de maior consumo é o mês de outubro que consome em média 80,96 kW de potência ativa e uma potência máxima de 161,58 kW.

Para a avaliação e dimensionamento do sistema de produção descentralizada a implementar na instalação, foram utilizados dois programas, o *software Homer* [21] para avaliação da melhor solução e o *software DesignBuilder* para analisar a interação do sistema fotovoltaico com as outras valências em estudo.

De forma a avaliar qual a melhor solução a implementar, recorreu-se ao *software Homer* e definiu-se qual o tipo de sistema de produção descentralizada a implementar. Toda a análise relativa ao *software Homer* encontra-se no Anexo E.

Após a definição do sistema de produção descentralizada a dimensionar, o mesmo foi implementado no *software DesignBuilder*. Nesse sentido, foram definidas as características dos painéis fotovoltaicos a utilizar e definida a constituição das 3 séries de painéis fotovoltaicos, as quais foram constituídas com 40 painéis fotovoltaicos em série e 2 *strings* em paralelo, conforme indicado na Figura 63.

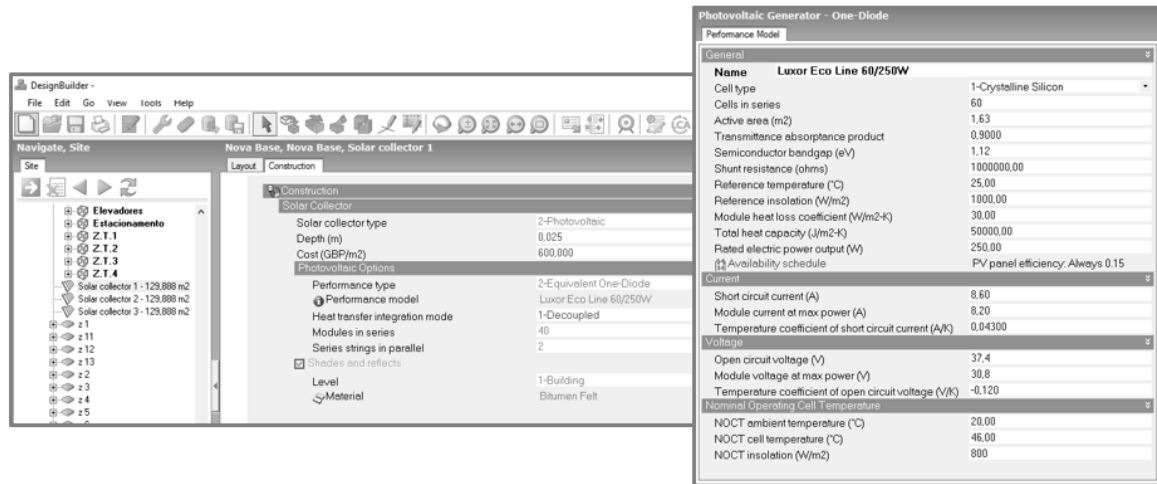


Figura 63 – Características do painel fotovoltaico, definidas no software *DesignBuilder* [4]

De seguida, foi realizada a caracterização do inversor a utilizar e a quantidade de inversores ligados às séries de painéis fotovoltaicos definidas. Cada série de 80 painéis é ligada a um inversor, conforme mostra a Figura 64.

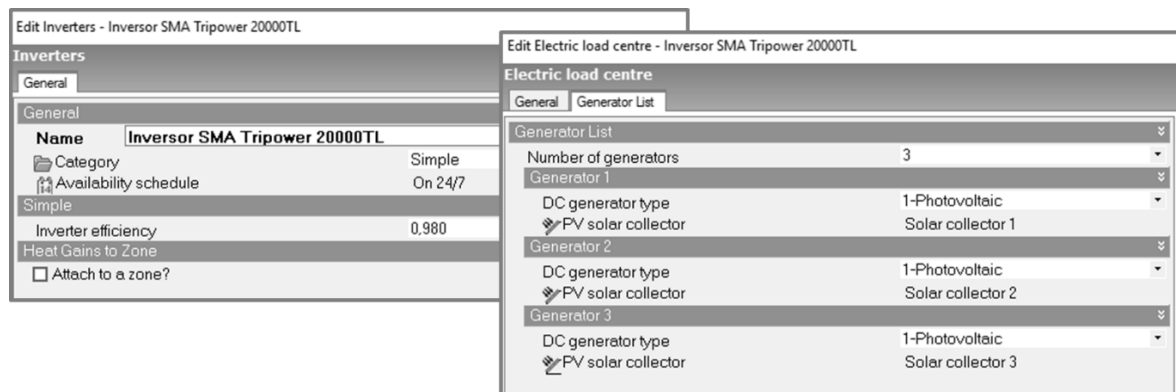
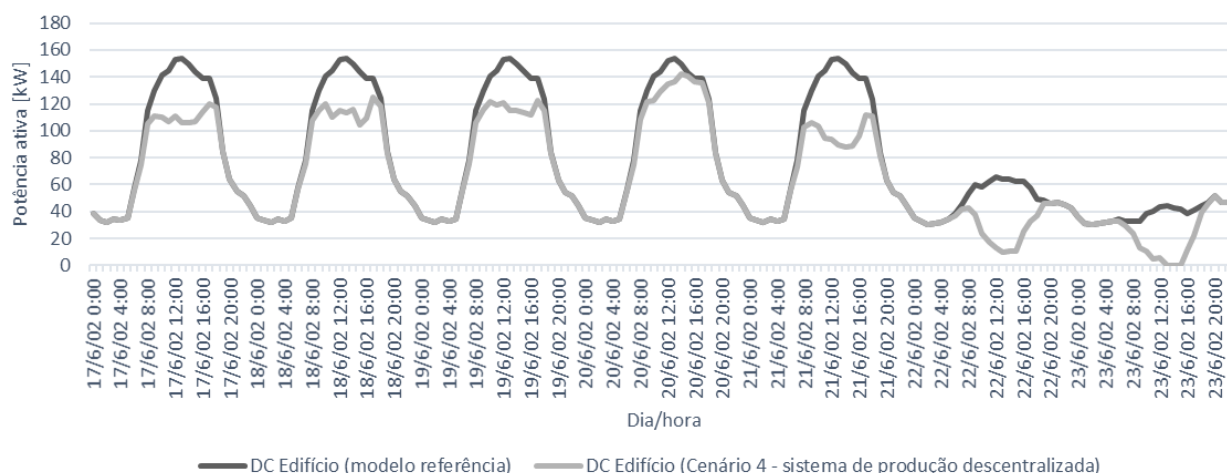


Figura 64 – Características do inversor, definidas no software *DesignBuilder* [4]

Na Figura 65, é realizada a comparação do diagrama de carga de energia elétrica do modelo de referência e o diagrama de carga com a implementação do sistema de produção descentralizado.



**Figura 65 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 4 - sistema de produção descentralizada)**

Com a implementação do sistema de produção descentralizado, deteta-se que existe uma diminuição no consumo de energia nas horas de ponta e cheias, proveniente da produção de energia através do sistema fotovoltaico e pelos cálculos efetuados com este cenário reduz-se o consumo de energia em 14,4%, de acordo com a Tabela 38.

**Tabela 38 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 4 - sistema de produção descentralizada)**

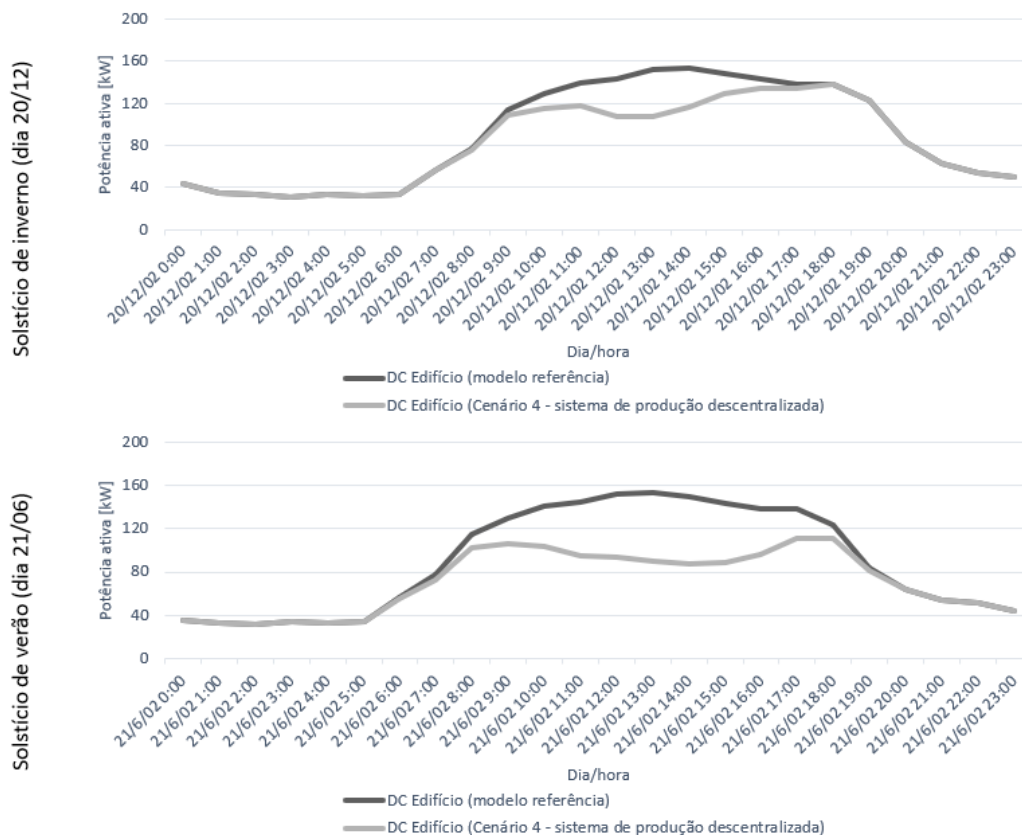
	Energia Elétrica [kWh]
<b>Modelo de referência</b>	666 370
<b>Cenário 4 - sistema de produção descentralizada</b>	570 415
<b>Diferença</b>	-95 955
<b>Diferença [%]</b>	-14,4%

Pela análise da estrutura tarifária, deteta-se naturalmente uma diminuição relativamente aos encargos totais anuais com a energia elétrica. Para este cenário, obtém-se uma redução de 5,4% na potência contratada média e uma redução de 14,3% na potência média em horas de ponta. Este cenário origina um encargo com potência contratada de 1.874 €/ano e um encargo com potência em horas de ponta de 17.031 €/ano, o que origina uma diminuição de 15,4% nos encargos totais anuais, conforme indicado na Tabela 39.

**Tabela 39 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 4 - sistema de produção descentralizada)**

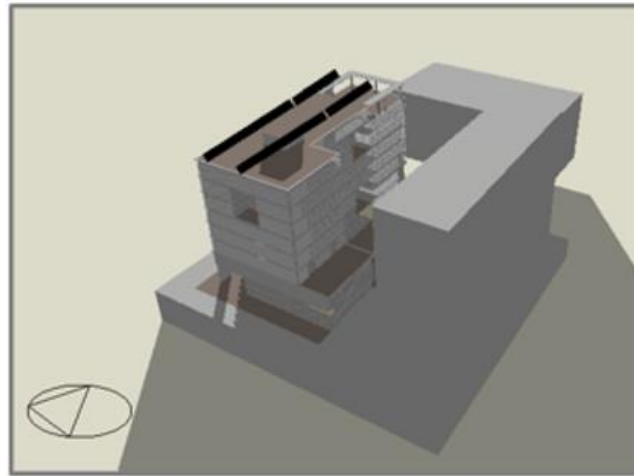
	Potência contratada média [kW]	Potência média horas de ponta [kW]	Encargo termo redes de energia [€]	Encargo da energia ativa [€]	Encargo potência contratada [€]	Encargo potência horas de ponta [€]	Encargo total anual [€]
<b>Modelo de referência</b>	153,74	97,14	30 411	41 500	1 981	19 877	93 769
<b>Cenário 4 - sistema de produção descentralizada</b>	145,42	83,23	25 148	35 309	1 874	17 031	79 362
<b>Diferença</b>	-8,32	-13,91	-5 263	-6 191	-107	-2 846	-14 407
<b>Diferença [%]</b>	-5,4%	-14,3%	-17,3%	-14,9%	-5,4%	-14,3%	-15,4%

Para terminar a análise deste cenário, comparou-se o diagrama de carga de energia elétrica entre o dia mais pequeno do ano (solstício de inverno) e o dia maior do ano (solstício de verão), conforme a Figura 66. Pela análise dos gráficos deteta-se que no solstício de inverno o sistema de produção descentralizado contribui para a redução do consumo de energia do edifício entre as 9h e as 17h e que no solstício de verão contribui entre as 7h e as 19h.



**Figura 66 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica do solstício de inverno face ao solstício de verão (sistema de produção descentralizada)**

Na Figura 67, está uma Imagem ilustrativa da implementação do sistema fotovoltaico.



**Figura 67 – Imagem ilustrativa da implementação do sistema de produção descentralizada [4]**

#### **5.4.1. Análise técnico-económica**

De forma a analisar se a implementação do sistema de produção descentralizada de 60 kWp é vantajosa, foi realizada uma análise técnico-económica, para analisar qual o custo estimado com a necessária compra de energia elétrica à rede e qual o custo envolvido com o investimento inicial para a instalação do sistema fotovoltaico. Na Tabela 40, apresentam-se a análise de custos iniciais, finais e qual a poupança monetária em termos de energia elétrica.

**Tabela 40 – Análise dos custos iniciais, finais e poupança anual em energia elétrica com a implementação do sistema de produção descentralizada**

<b>Descrição</b>	<b>[kWh/ano]</b>	<b>[€/ano]</b>
Compra de energia elétrica à rede sem sistema de produção descentralizada	666 370	93 769
Compra de energia elétrica à rede com sistema de produção descentralizada	570 415	79 362
<b>Poupança total em energia elétrica</b>	<b>95 955</b>	<b>14 407</b>

Após ter-se analisado quais os custos iniciais, finais e qual a poupança de energia elétrica envolvidos na implementação do sistema fotovoltaico, calculou-se o período de retorno do investimento do sistema, considerando o cenário apresentado na Tabela 41.

**Tabela 41 – Cenário aplicado para o cálculo do período de retorno do investimento do sistema de produção descentralizada**

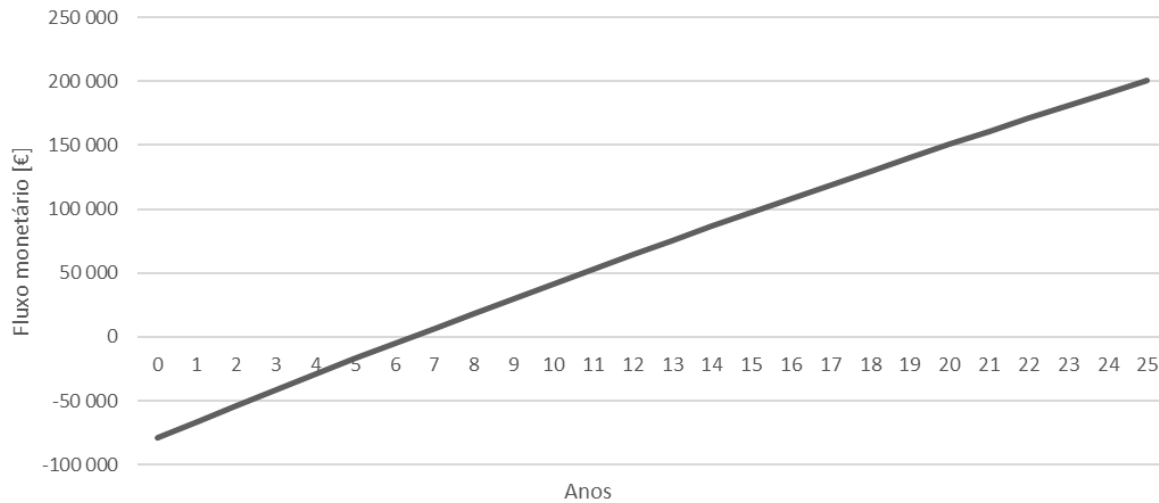
<b>Considerações iniciais</b>	
Investimento inicial do sistema fotovoltaico [€]	78 901
Vida útil considerada do sistema fotovoltaico [anos]	25
Taxa de atualização	1,00%
<b>Produção de energia elétrica do sistema de produção descentralizada</b>	
Produção Anual de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico [kWh/ano]	95 955
Produção de energia elétrica pelo sistema fotovoltaico [kWh/25 anos]	2 398 867
<b>Encargos anuais evitados</b>	
Custos relativos à Potência contratada anual [€]	107
Custos relativos à Potência em horas de ponta [€]	2 846
<b>Custos de manutenção</b>	
Custos de operação e manutenção (% face ao investimento inicial)	2%

Para análise do período de retorno do investimento do sistema fotovoltaico, foi contabilizada a produção anual de energia elétrica nos diversos períodos horários (Tabela 42) e as poupanças anuais relativas aos encargos evitados com potência em horas de ponta e potência contratada. Considerou-se ainda que é efetuada uma manutenção anual no sistema, não foi incluída a substituição dos painéis fotovoltaicos e inversores durante os próximos 25 anos e que existe uma queda de produção de energia elétrica no sistema de produção descentralizada de 1% ao ano durante os 25 anos de vida útil.

**Tabela 42 – Análise da produção de energia elétrica do sistema de produção descentralizada por período horário**

		<b>Custo associado com a energia ativa [€/kWh]</b>	<b>Produção [kWh]</b>
<b>Período I, IV (1º e 4º Trimestre)</b>	<b>Horas de ponta</b>	0,128166	4 920
	<b>Horas cheias</b>	0,116034	29 870
	<b>Horas de vazio normal</b>	0,057989	19
	<b>Horas de super vazio</b>	0,076036	0
<b>Período II, III (2º e 3º Trimestre)</b>	<b>Horas de ponta</b>	0,129991	15 432
	<b>Horas cheias</b>	0,117853	45 056
	<b>Horas de vazio normal</b>	0,061273	656
	<b>Horas de super vazio</b>	0,072377	0
<b>Produção anual de energia elétrica</b>			<b>95 955</b>

Após analisado o período de retorno do investimento do sistema de produção descentralizada, pode-se afirmar que o período de retorno do investimento é de aproximadamente 6 anos, de acordo com a Figura 68 que apresenta a variação do fluxo monetário ao longo do tempo de vida útil do projeto (25 anos).



**Figura 68 – Análise do período de retorno do investimento do sistema de produção descentralizada**

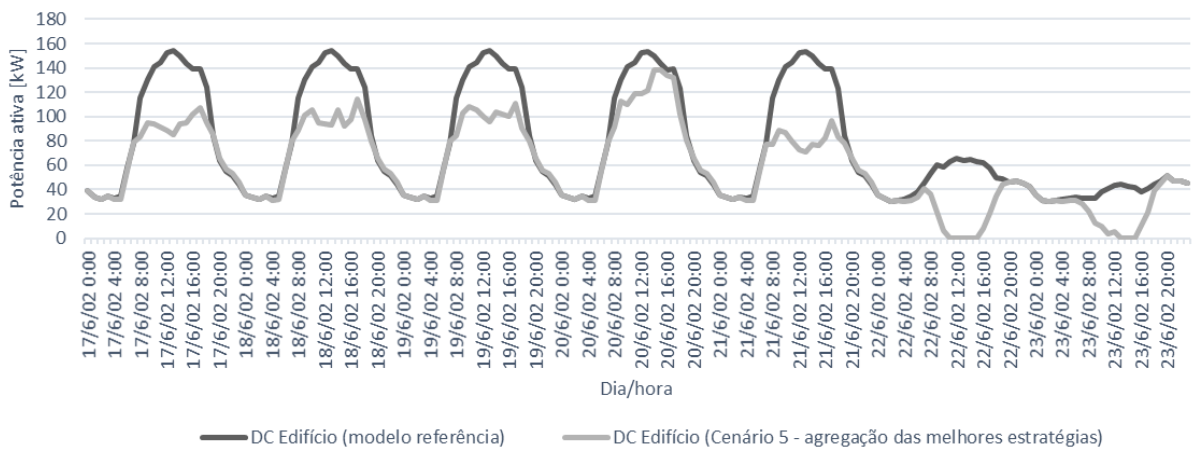
## 5.5. Análise global das diferentes estratégias estudadas

Nesta secção é analisada a integração das melhores estratégias estudadas, de forma a verificar o impacto existente a nível de consumo de energia do edifício em estudo.

### 5.5.1. Cenário 5 - Agregação das melhores estratégias estudadas

De forma a analisar o impacto geral das estratégias simuladas, foi idealizada uma nova estratégia que inclui a alteração do perfil de utilização do sistema de ventilação de acordo com o perfil de ocupação do edifício, o *daylighting* controlado pelo controlo linear e a implementação de um sistema de produção descentralizada de 60 kW.

Na Figura 69, é analisada a comparação do diagrama de carga de energia elétrica do modelo de referência e o diagrama de carga de energia elétrica deste cenário, onde se agregou as melhores estratégias estudadas.



**Figura 69 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica (simulação do modelo de referência face à simulação cenário 5 - agregação das melhores estratégias)**

Com a implementação deste cenário, deteta-se que existe uma diminuição de consumos de energia face ao modelo de referência. Ou seja, o consumo de energia elétrica diminuiu 22,6%, o consumo de energia para os outros equipamentos diminuiu 21,6%, o consumo de energia para iluminação diminuiu 27,8%, o consumo de energia para ventilação diminuiu 20,8%, o consumo de energia para aquecimento diminuiu 5,5% e o consumo de energia para arrefecimento diminuiu 4,5%, conforme se pode verificar na Tabela 43.

**Tabela 43 – Comparação dos consumos de energia (simulação cenário 5 - agregação das melhores estratégias)**

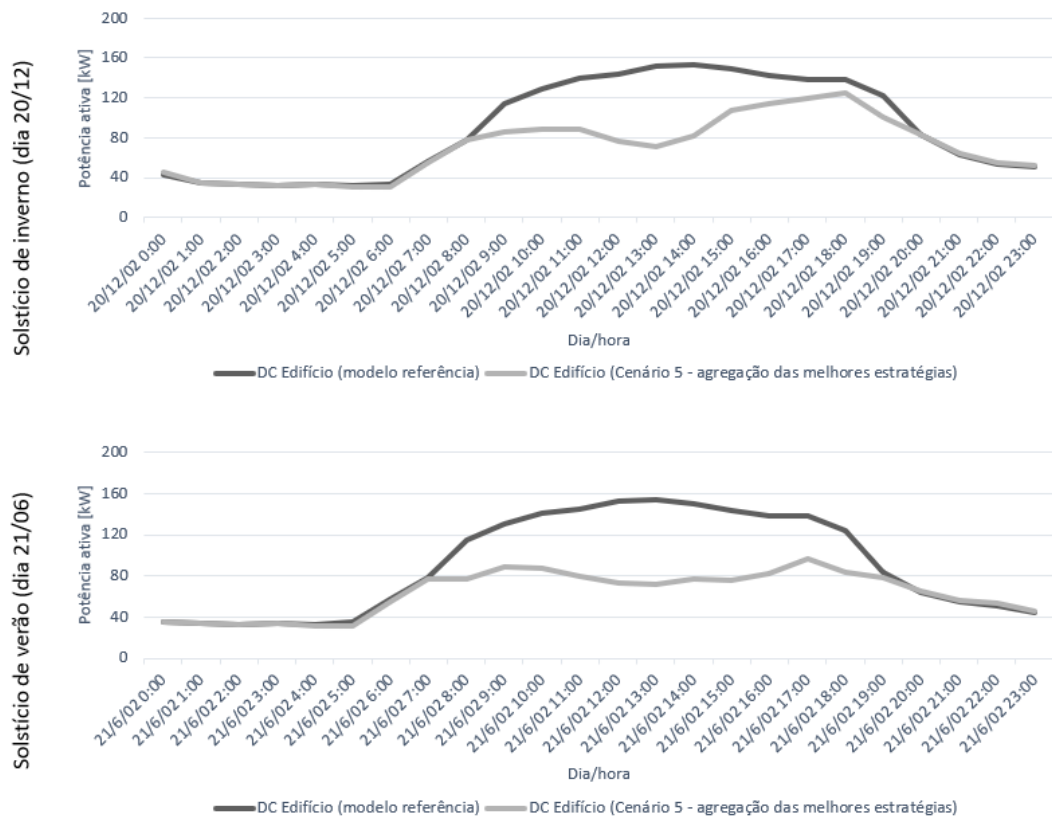
	Energia Elétrica [kWh]	Outros equipamentos [kWh]	Iluminação [kWh]	Ventilação [kWh]	Aquecimento [kWh]	Arrefecimento [kWh]
<b>Modelo de referência</b>	666 370	438 445	120 463	107 461	162 011	526 562
<b>Cenário 5 - agregação das melhores estratégias</b>	515 560	343 555	86 939	85 066	153 119	502 982
<b>Diferença</b>	-150 810	-94 890	-33 524	-22 396	-8 891	-23 580
<b>Diferença [%]</b>	-22,6%	-21,6%	-27,8%	-20,8%	-5,5%	-4,5%

Pela análise da estrutura tarifária, obtém-se uma redução de 10,8% na potência contratada média e uma redução de 24,0% na potência média em horas de ponta. Este cenário origina um encargo com potência contratada de 1.768 €/ano e um encargo com potência em horas de ponta de 15.114 €/ano, logo uma diminuição de 24,5% nos encargos totais anuais com a energia elétrica, conforme indicado na Tabela 44.

**Tabela 44 – Análise da estrutura tarifária de energia elétrica (simulação cenário 5 - agregação das melhores estratégias)**

	Potência contratada média [kW]	Potência média horas de ponta [kW]	Encargo termo redes de energia [€]	Encargo da energia ativa [€]	Encargo potência contratada [€]	Encargo potência horas de ponta [€]	Encargo total anual [€]
<b>Modelo de referência</b>	153,74	97,14	30 411	41 500	1 981	19 877	93 769
<b>Cenário 5 - agregação das melhores estratégias</b>	137,15	73,86	22 095	31 784	1 768	15 114	70 760
<b>Diferença</b>	-16,59	-23,27	-8 316	-9 717	-214	-4 762	-23 009
<b>Diferença [%]</b>	-10,8%	-24,0%	-27,3%	-23,4%	-10,8%	-24,0%	-24,5%

Para terminar a análise deste cenário, foi realizada a comparação do diagrama de carga de energia elétrica entre o dia mais pequeno do ano (solstício de inverno) e o dia maior do ano (solstício de verão), conforme a Figura 70. Pela análise dos gráficos deteta-se que no solstício de inverno esta estratégia contribui para a redução do consumo de energia do edifício entre as 8h30 e as 20h e que no solstício de verão contribui entre as 7h30 e as 20h30.



**Figura 70 – Comparação do diagrama de carga de energia elétrica do solstício de inverno face ao solstício de verão (simulação cenário 5 - agregação das melhores estratégias)**

### 5.5.2. Análise dos diagramas de carga resultantes das estratégias consideradas

Após análise do impacto geral das estratégias simuladas, foi realizada uma análise a cada diagrama de carga relativo a um dia de semana médio, de sábado médio e de domingo médio de cada mês, de forma a verificar a evolução mensal de cada estratégia estudada e verificar a possível flexibilidade do diagrama de carga utilizando uma ou várias estratégias agregadas.

Nestes diagramas de carga, foram identificados os períodos horários relativos ao ciclo diário para fornecimento de energia em BTE, tanto para o inverno como para o verão [19], para que se tenha uma perceção visual mais rápida sobre o período horário mais benéfico para cada estratégia estudada, quando comparada com o modelo de referência.

Da Figura 71 à 76, pode-se observar os dias de semana, de sábado e de domingo médios para os meses de junho e dezembro, meses em que ocorrem o solstício de verão e o solstício de inverno respetivamente. Pela análise dos diagramas de carga apresentados analisa-se que o cenário com a agregação das melhores estratégias é aquele que apresenta maior flexibilidade do diagrama de carga do edifício quando comparado com o modelo de referência.

No anexo F, estão presentes os restantes diagramas de carga mensais identificados pelos períodos horários respetivos.

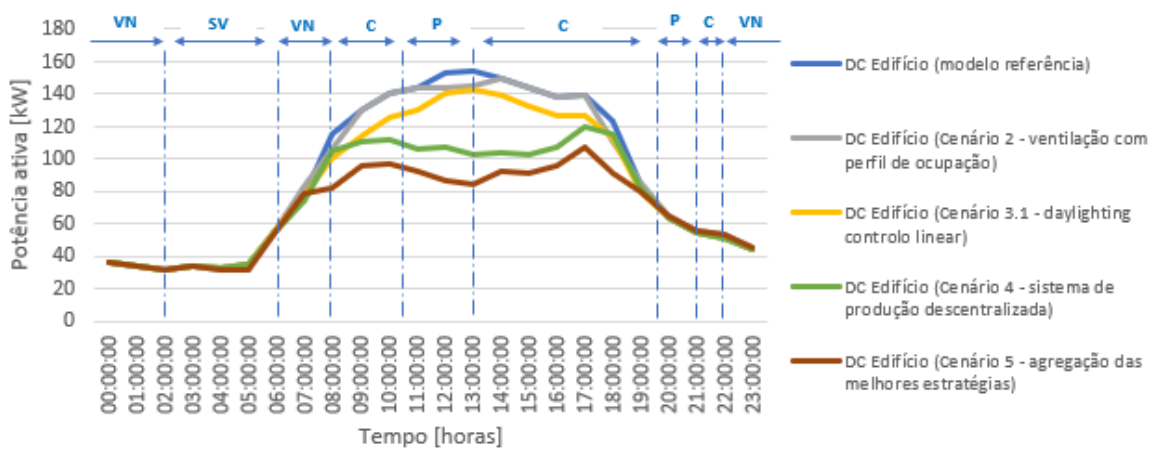


Figura 71 – Diagrama de carga do edifício do dia de semana médio do mês de junho

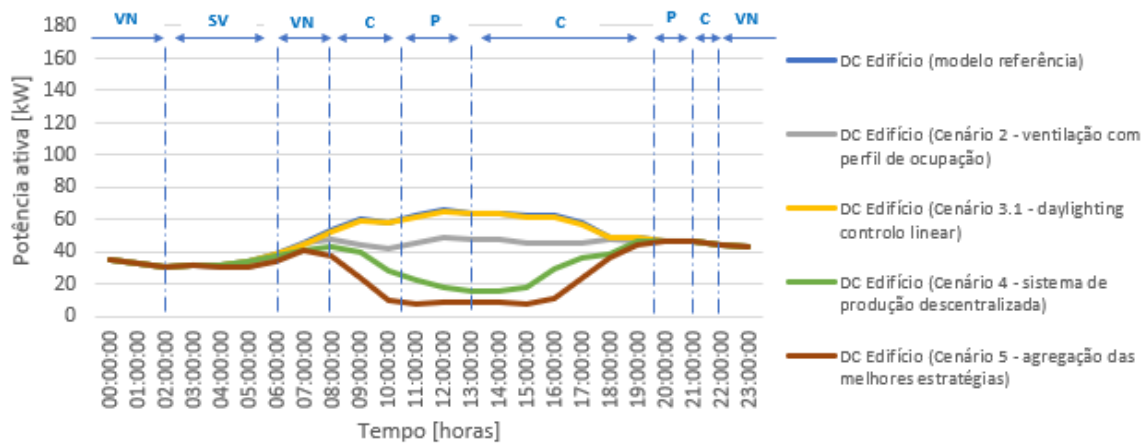


Figura 72 – Diagrama de carga do edifício do dia de sábado médio do mês de junho

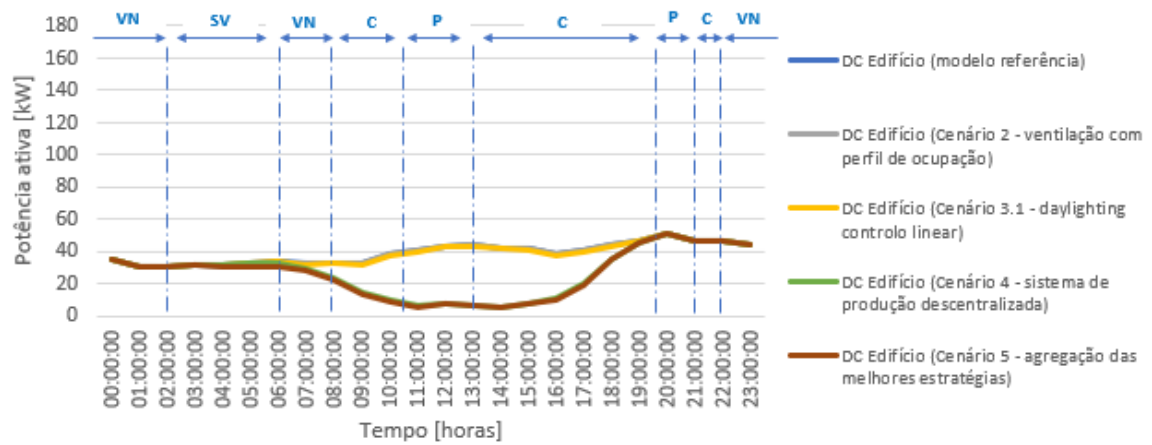


Figura 73 – Diagrama de carga do edifício do dia de domingo médio do mês de junho

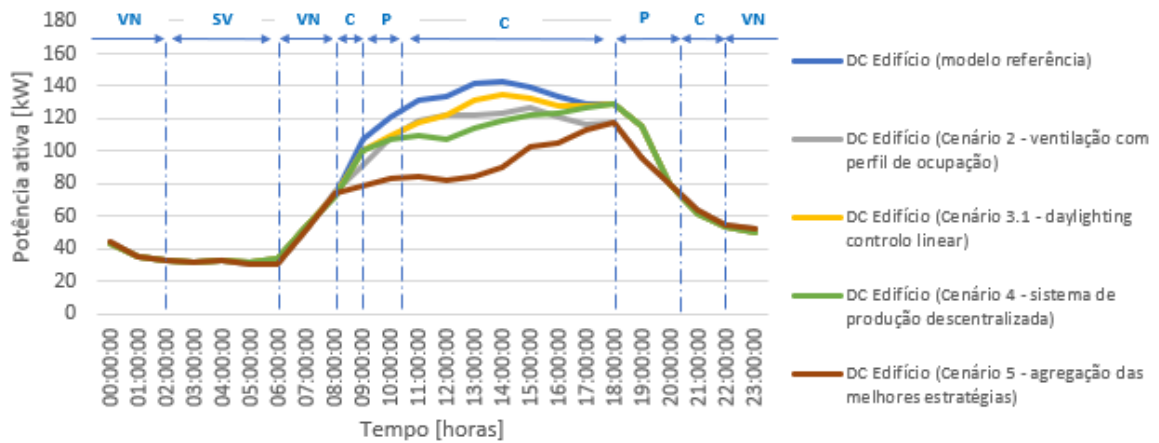


Figura 74 – Diagrama de carga do edifício do dia de semana médio do mês de dezembro

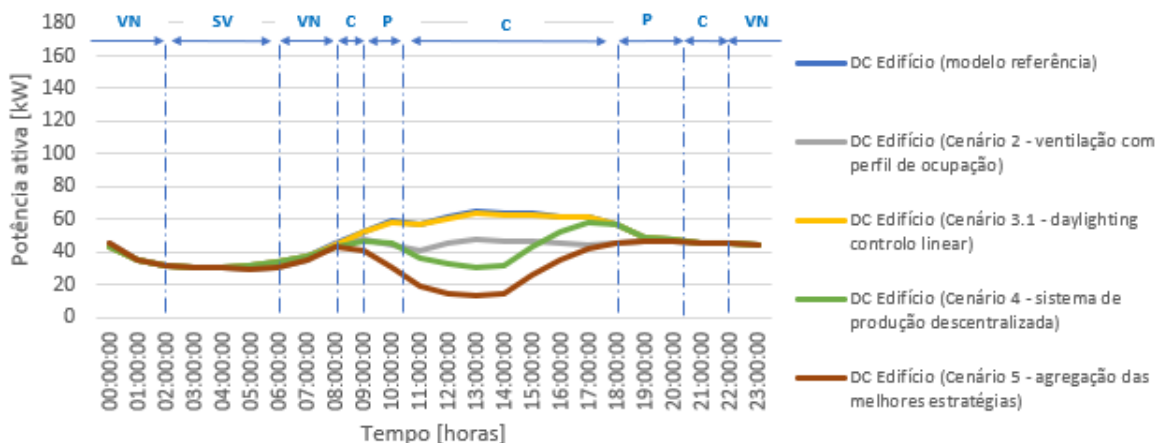


Figura 75 – Diagrama de carga do edifício do dia de sábado médio do mês de dezembro

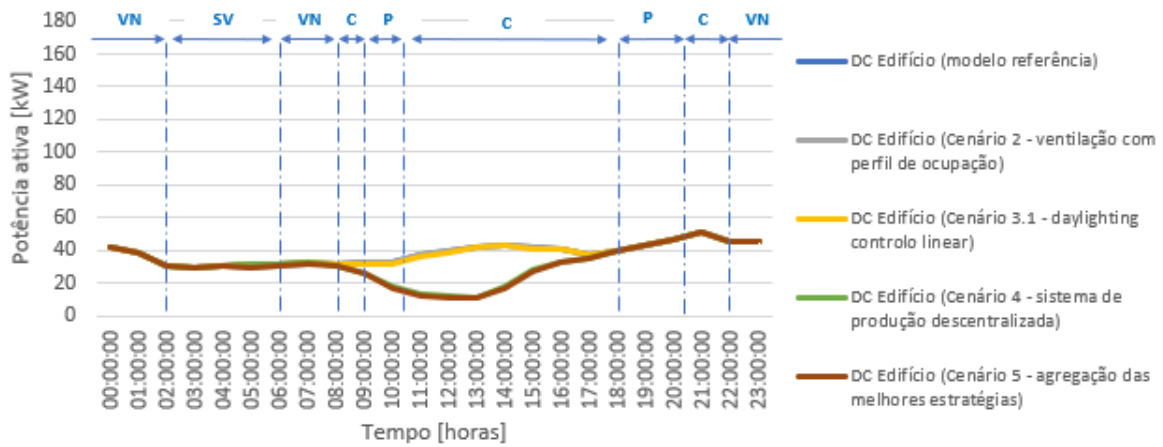


Figura 76 – Diagrama de carga do edifício do dia de domingo médio do mês de dezembro

### 5.5.3. Análise das potências horárias

Outra análise realizada foi a análise das potências horárias médias e máximas, de forma a que existisse outra validação de como as estratégias estudadas possuem impacto positivo na redução do consumo de energia.

Pode-se analisar através da Figura 77, que o modelo de referência é o caso que possui uma potência horária média superior em todas as semanas, logo significa que todas as estratégias estudadas possuem impacto na redução da potência média contratada, pelo que se deteta que a estratégia agregadora possui maior flexibilidade no diagrama de carga do edifício e conseqüente a maior redução de consumo de energia.

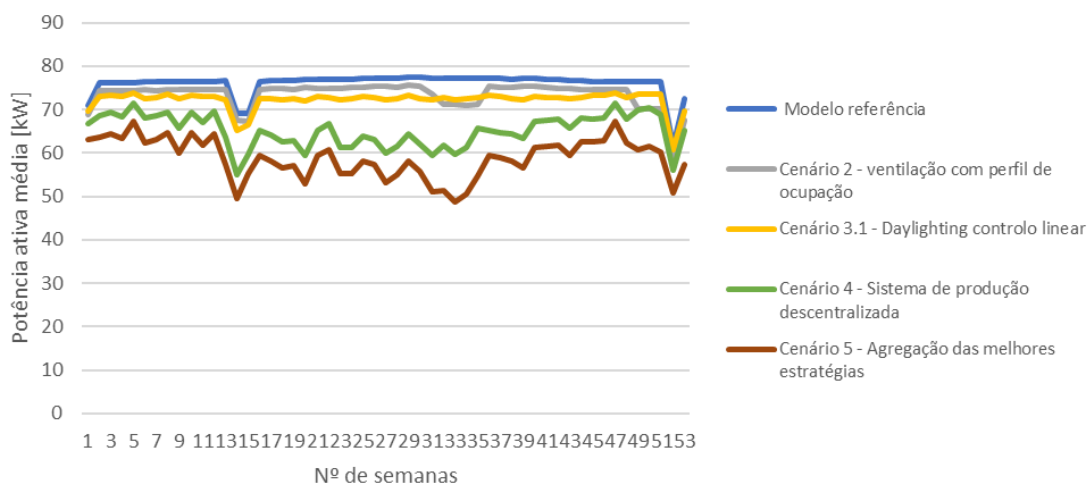
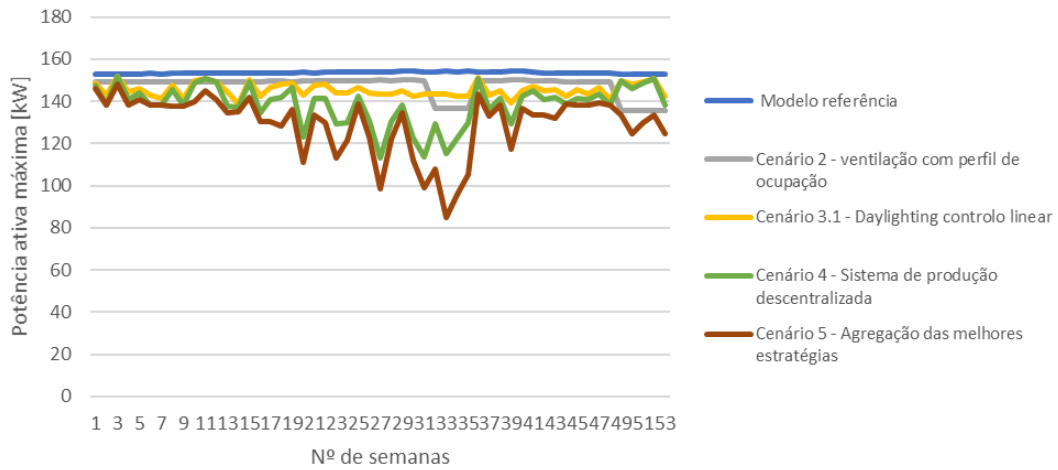


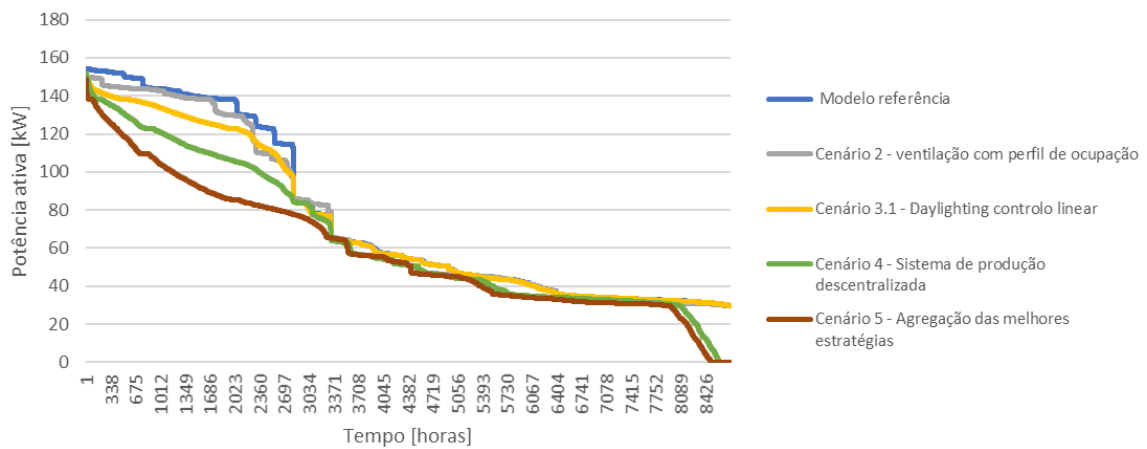
Figura 77 – Potências horárias médias por semana

A situação verificada anteriormente, também é possível de analisar na Figura 78, onde se deteta que o modelo de referência possui uma potência horária máxima praticamente constante ao longo do ano e que as restantes estratégias possuem variações ao longo do ano.



**Figura 78 – Potências horárias máximas por semana**

De forma a perceber durante quantas horas num ano, a potência média horária foi superior a um dado valor, ordenou-se as potências horárias por ordem decrescente. Pela análise do modelo de referência deteta-se que a potência entre os 150 kW e os 154 kW esteve ativa 536 h e no cenário com as estratégias agregadas a potência entre os 20 kW e os 35 kW esteve ativa 2.424 h, de acordo com o gráfico da Figura 79.



**Figura 79 – Potências horárias por ordem decrescente ao longo do ano**

Também foi analisada a evolução da potência horária ao longo das diferentes horas. Na Figura 80, verifica-se que a reta que possui um declive mais acentuado é relativa ao cenário do modelo de referência e a reta com o declive menos acentuado é relativo ao cenário com as estratégias agregadas, provando-se que as estratégias estudadas possuem impacto positivo na redução do consumo de energia.

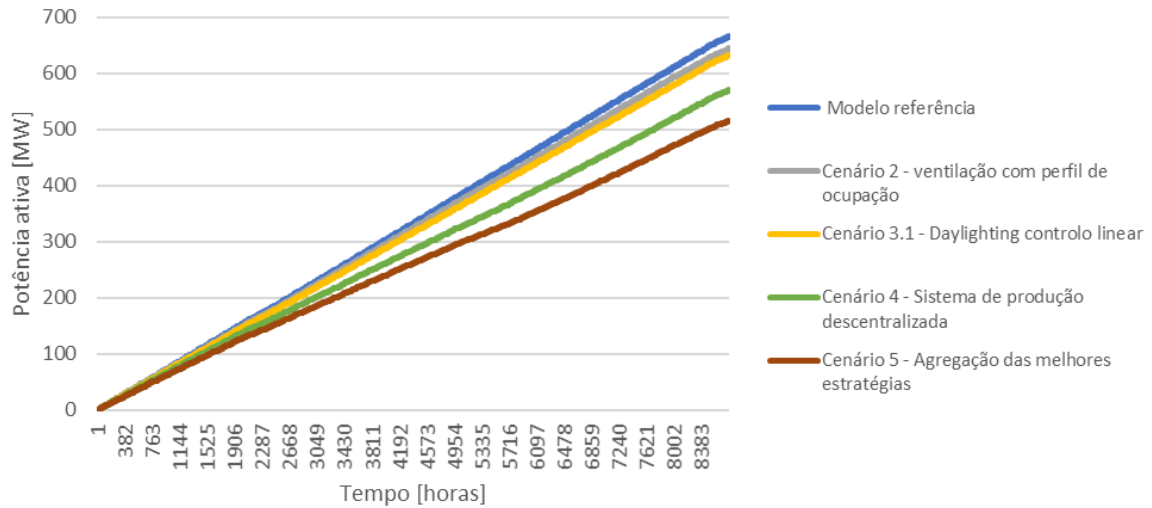


Figura 80 – Evolução das potências horárias acumuladas ao longo do ano

## 6. Considerações finais

Neste trabalho foi analisado o conceito de Eficiência Energética e de *Demand Response*, assim os tipos de programas e estratégias associadas a cada um dos conceitos e quais as potenciais sinergias e conflitos existentes entre os mesmos.

Como o trabalho em questão incidia sobre o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios, analisou-se a importância de *Demand Response*, o seu papel em sistemas de energia elétrica, assim como quais os seus custos e benefícios e quais os principais desafios para o seu sucesso. Foi também possível analisar-se a implementação de programas de *Demand Response* na Europa. Para iniciar o estudo relativo aos edifícios de serviços, analisaram-se as estratégias de *Demand Response* aplicáveis aos edifícios de serviços, tendo-se detetado que as estratégias mais comuns são aplicáveis ao sistema AVAC, ao sistema de iluminação e aos equipamentos existentes.

Após a análise do edifício em estudo, utilizou-se o *software DesignBuilder* onde foi reformulado o edifício em estudo de acordo com os perfis de utilização de ocupação, de iluminação, de equipamentos, de ventilação mecânica, de aquecimento e arrefecimento. Nesta reformulação também se atuou ao nível dos *set-points* de temperatura de aquecimento e de arrefecimento, na iluminância, na densidade de potência da iluminação e dos equipamentos e efetuaram-se alterações no sistema de AVAC, relacionadas com o caudal de ar novo e a potência de energia auxiliar a considerar.

Com esta reformulação, conseguiu-se calibrar o modelo do edifício tanto para o período mensal como para o período horário, após terem sido realizadas 99 simulações. Após o modelo estar calibrado, foram definidas e simuladas várias estratégias de *Demand Response* ao nível do sistema de ventilação, do sistema de iluminação e através do dimensionamento de um sistema de produção descentralizada, com o intuito de analisar o impacto ao nível de consumo de energia de um edifício de escritórios e de oportunidades de poupança associadas.

Após serem simuladas as estratégias de *Demand Response* definidas no capítulo anterior, analisou-se que todas têm impacto na redução de consumos de

energia e por consequente redução do custo total anual associado à utilização de energia elétrica.

Em relação às estratégias afetas ao sistema de ventilação, deteta-se que a estratégia do sistema de ventilação possuir o perfil de utilização similar ao perfil de ocupação do edifício, tem maiores oportunidades de poupança associadas do que a estratégia de desviar o consumo de energia das horas de ponta e cheias da parte da manhã, para horas de super-vazio e vazio normal. Com esta alteração do perfil de utilização do sistema de ventilação, conseguiu-se reduzir 20,9% do consumo de energia para ventilação, reduzir 9,2% do consumo de energia para aquecimento e reduzir 2,2% do consumo de energia para arrefecimento. Com esta alteração consegue-se reduzir 3,9% dos encargos totais anuais de Energia Elétrica, face à redução de 1,3% que a estratégia de desvio de consumos permite.

Com a estratégia afeta ao sistema de iluminação, detetou-se que o controlo linear é mais vantajoso que o controlo *stepped*. Analisando os consumos de energia associados ao controlo de iluminação natural através do controlo linear, detetou-se que existe uma redução de consumo de energia de 27,8% em iluminação e uma redução de 2,2% em arrefecimento do edifício de uma forma geral. Com a estratégia de *daylighting* através do controlo linear, consegue-se reduzir 5,5% dos encargos totais anuais de Energia Elétrica. Através do controlo *stepped* consegue-se obter uma redução de 4,6% do custo total de Energia Elétrica.

Com a implementação de um sistema de produção descentralizada, deteta-se que existe uma diminuição no consumo de energia nas horas de ponta e cheias, proveniente da produção de energia através do sistema fotovoltaico e pelos cálculos efetuados com este cenário consegue-se consumir menos 14,4% de energia, o que implica uma redução de 15,4% dos encargos totais anuais de Energia Elétrica.

Através da análise de cada estratégia individual, procedeu-se à agregação das melhores estratégias e analisou-se o impacto ao nível de consumo de energia e de oportunidades de poupança associadas. Com esta estratégia deteta-se que existe um potencial de redução de 22,6% de consumo de Energia Elétrica, uma redução de 27,8% no consumo de iluminação, uma redução de 20,8% no consumo de ventilação, uma redução de 5,5% em aquecimento e de 4,5% em arrefecimento. Com esta estratégia conseguiu-se reduzir 10,8% na potência contratada média e reduzir 24,0%

da potência média em horas de ponta, o que equivale a uma redução de 24,5% dos encargos totais anuais de Energia Elétrica.

Para a continuidade do trabalho já realizado seria interessante analisar outros sistemas de AVAC existentes no software *DesignBuilder*, proceder a uma análise e implementação de novos sistemas de ventilação (natural, mecânica e mista) para os edifícios de escritórios e analisar os perfis de utilização reais do edifício a nível de ocupação, de aquecimento e arrefecimento. Desta forma poder-se-ia obter um compromisso maior da gestão técnica do edifício, para que as análises realizadas sejam mais credíveis.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Referências bibliográficas

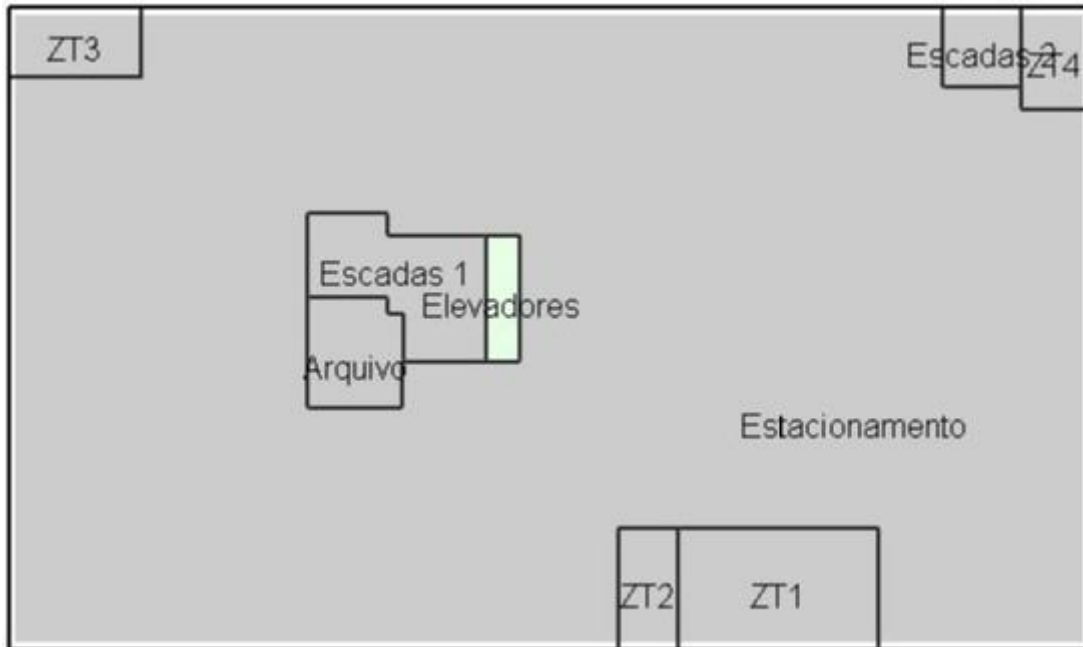
- [1] J. H. Kim and A. Shcherbakova, “Common failures of demand response,” *Energy*, vol. 36, no. 2, pp. 873–880, 2011.
- [2] A. L. Garcia, J. Santana, M. J. Resende, and P. Verdelho, *Análise técnico-económica do sistema elétrico*. 2016.
- [3] Eurelectric, *Everything you always wanted to know about Demand Response*. 2015.
- [4] Software DesignBuilder: <https://designbuilder.co.uk/>, março 2019. Versão utilizada v5.4.0.21 de maio 2018.
- [5] C. Goldman, M. Reid, R. Levy, and A. Silverstein, “Coordination of Energy Efficiency and Demand Response A RESOURCE OF THE NATIONAL ACTION PLAN FOR ENERGY EFFICIENCY,” no. January, 2010.
- [6] S. David, M. Ann, D. S. Watson, S. Kiliccote, N. Motegi, and M. A. Piette, “Strategies for Demand Response in Commercial Buildings,” in *2006 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 2006, no. 150, pp. 287–299.
- [7] ERSE - Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, “Projectos-piloto para aperfeiçoamento da estrutura tarifária e introdução de tarifas dinâmicas,” 2017.
- [8] D. York, D. Ph, and M. Kushler, “Exploring the Relationship Between Demand Response and Energy Efficiency: A Review of Experience and Discussion of Key Issues,” *Response*, no. March, 2005.
- [9] U S Department of Energy, “Benefits of Demand Response in Electricity Markets and Recommendations for Achieving Them,” *U.S. Dep. Energy*, no. February, p. 122, 2006.
- [10] M. A. Piette, D. S. Watson, M. Rawson, and M. Krebs, “Introduction to Commercial Building Control Strategies and Techniques for Demand Response,” no. 500, 1000.
- [11] J. Torriti, M. G. Hassan, and M. Leach, “Demand response experience in Europe: Policies, programmes and implementation,” *Energy*, vol. 35, no. 4, pp. 1575–1583, 2010.
- [12] P. E. Energias, “ENERGIAS RENOVÁVEIS – Que ambição para 2030?,” 2018.
- [13] L. W. Chen Yongbao, Xu Peng, Gu Jiefan, Schmidt Ferdinand, *Measures to improve energy demand flexibility in buildings for demand response (DR): A review*.

- 2018.
- [14] D. Christantoni, D. Flynn, and D. P. Finn, “Modelling of a Multi-purpose Commercial Building for Demand Response Analysis,” *Energy Procedia*, vol. 78, pp. 2166–2171, 2015.
- [15] D. F. Despoina Christanton, Simeon Oxizidis, Damian Flynn, *Implementation of Demand Response Strategies in a Multi-Purpose Commercial Building using a Whole-Building Simulation Model Approach*. 2016.
- [16] “Despacho nº15793/2013,” no. 26, 2013.
- [17] Norma Europeia, “Light and lighting – Lighting of work places,” EN 12464-1, 2003.
- [18] K. L. Gillespie *et al.*, “ASHRAE GUIDELINE Measurement of Energy and Demand Savings,” *J. Sleep Res.*, vol. 26, pp. 31–31, 2017.
- [19] ERSE, “Ciclo diário para fornecimentos em BTE e BTN em Portugal Continental,” p. 2017, 2017.
- [20] F. Gregg D. Ander and Southern California Edison; Updated by U.S. Department of Energy Federal Energy Management Program (FEMP); <https://www.wbdg.org/resources/daylighting>, “DAYLIGHTING,” vol. 14, pp. 1–14, 2016.
- [21] Software Homer: <https://www.homerenergy.com/>, março 2019. Versão utilizada v2.68 de fevereiro 2012.
- [22] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia, “Decreto-Lei n.º 153/2014,” *Diário da República*, pp. 5298–5311, 2014.

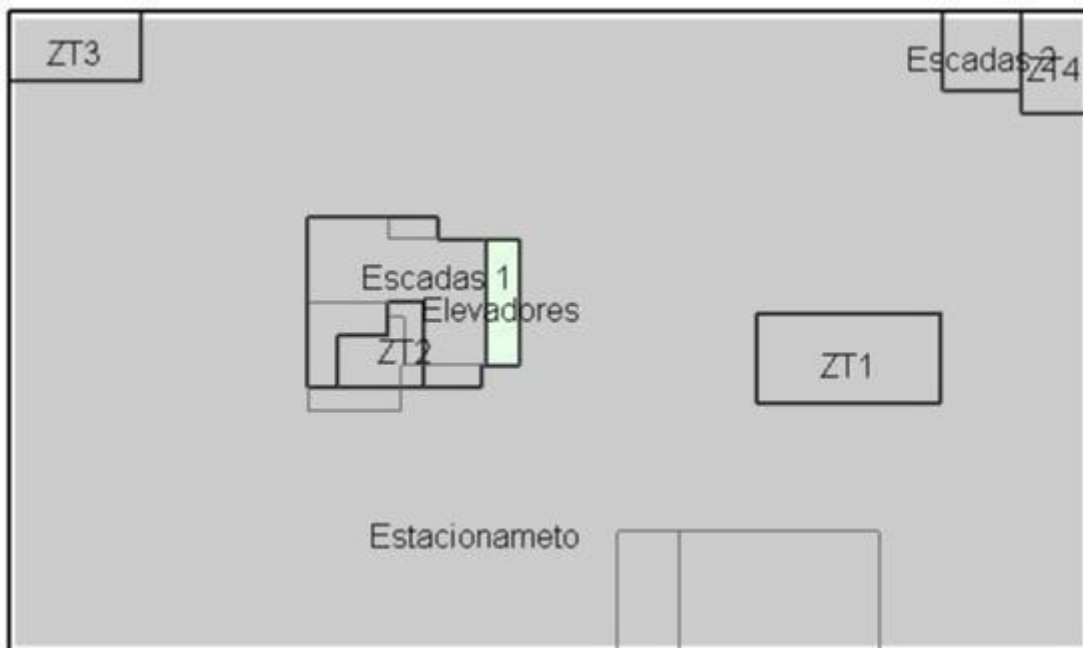
## **Anexos**

## Anexo A - Plantas do modelo dos pisos estudados

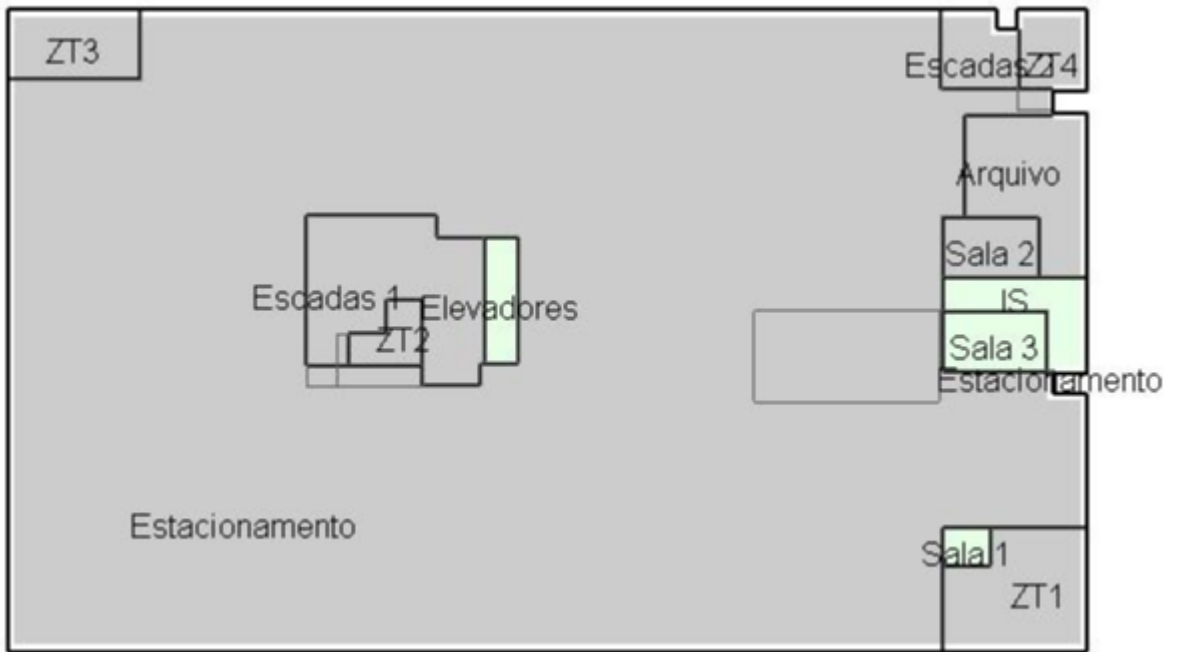
Planta do Piso -3



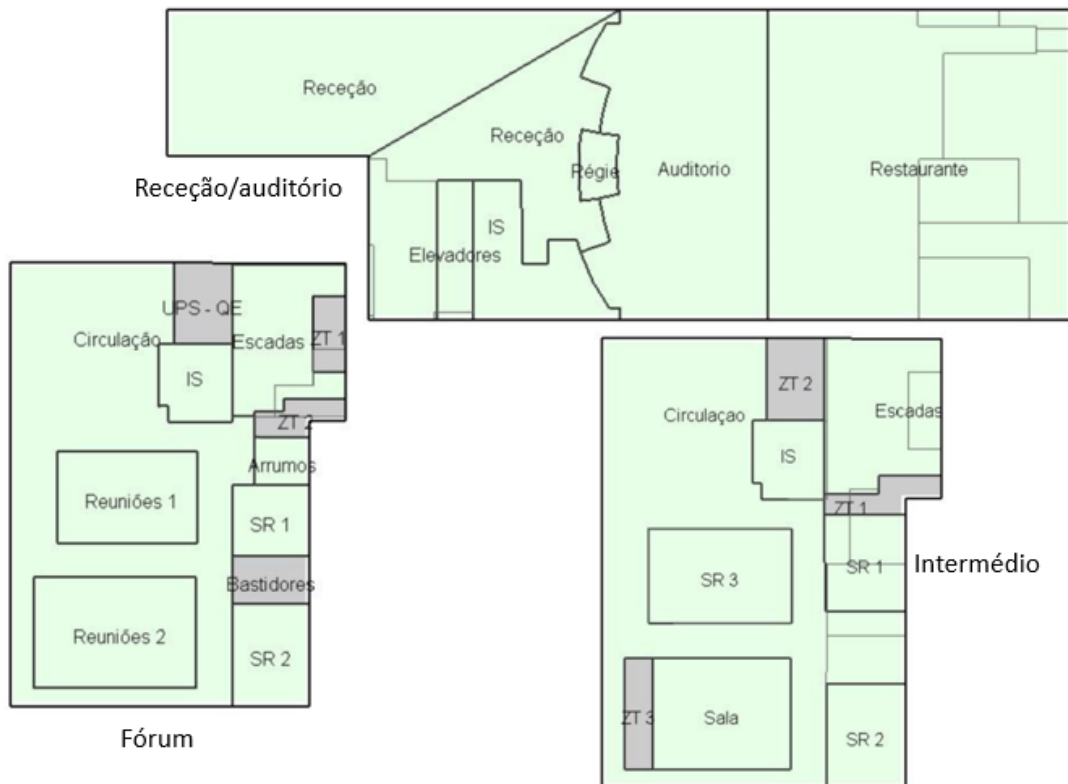
Planta do Piso -2



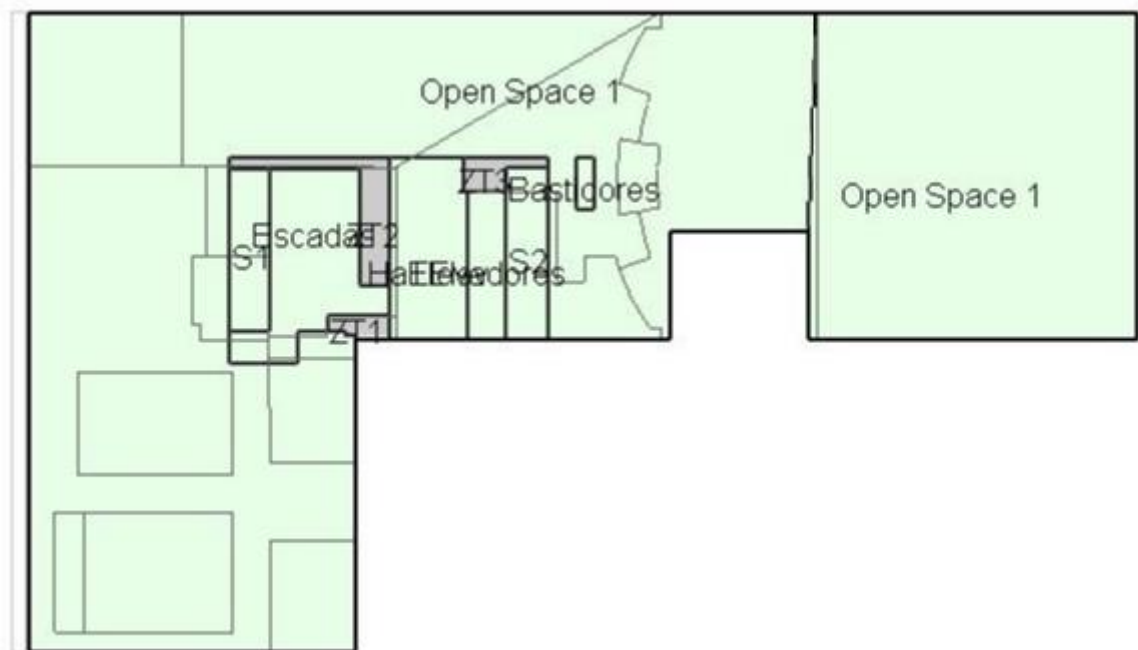
### Planta do Piso -1



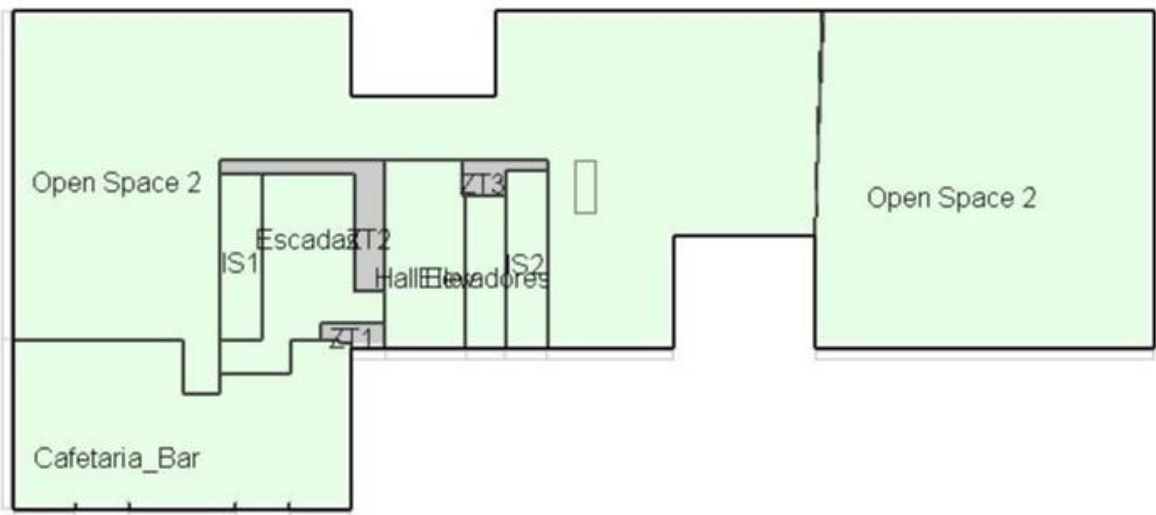
### Planta do Piso 0



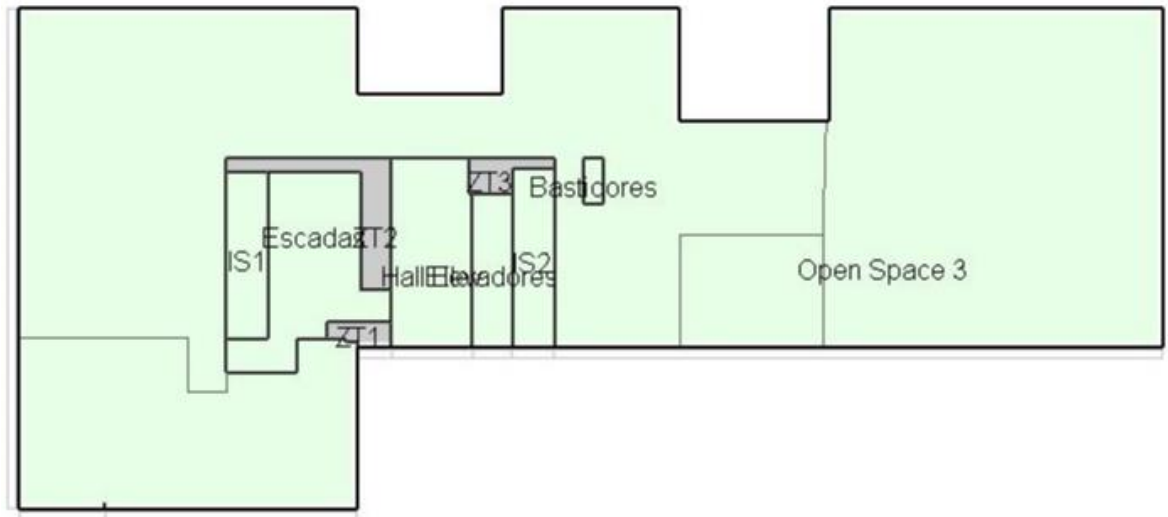
### Planta do Piso 1



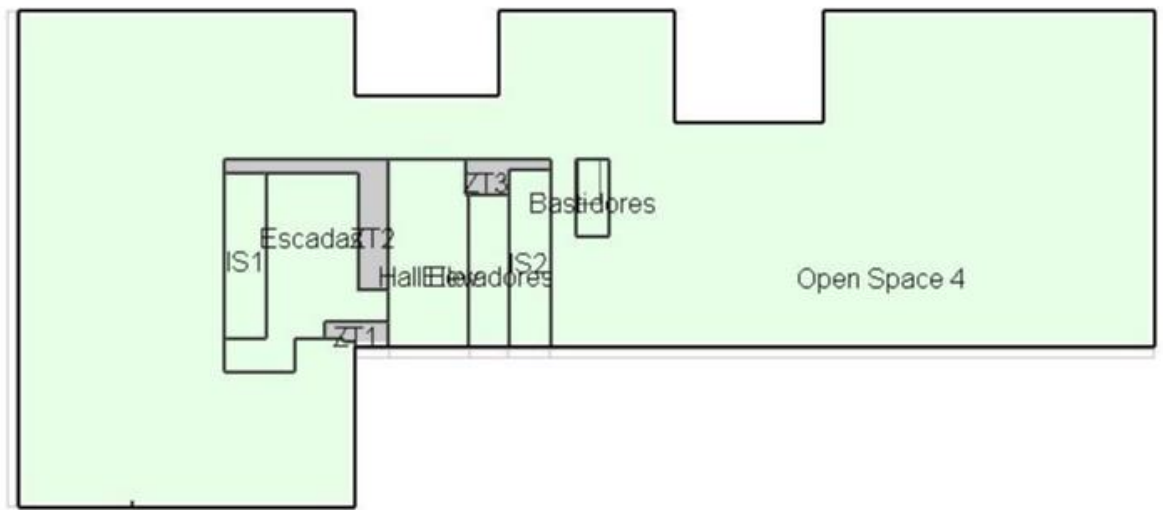
### Planta do Piso 2



### Planta do Piso 3



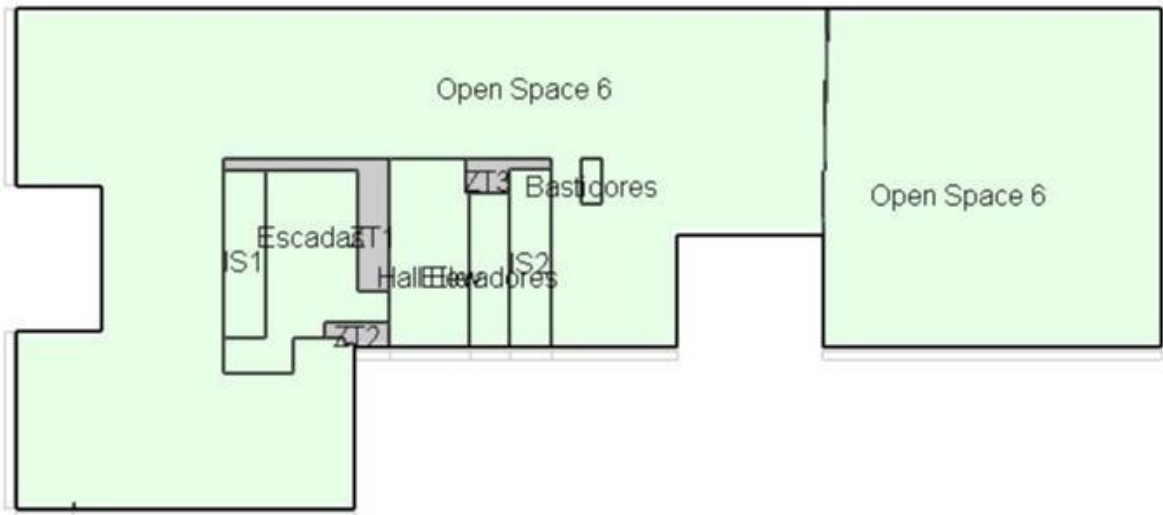
### Planta do Piso 4



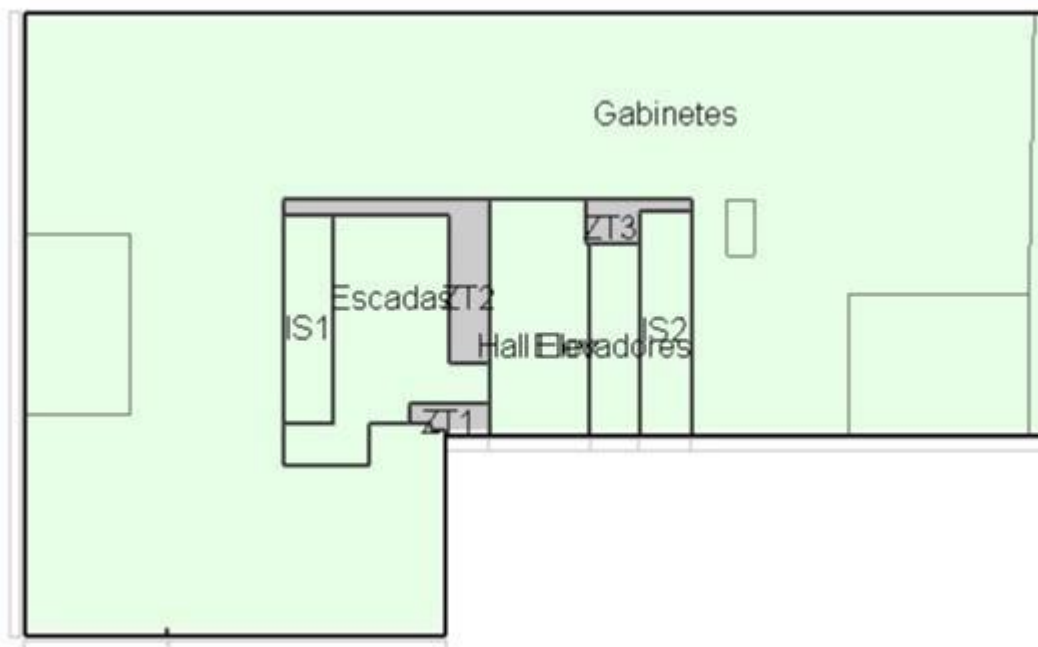
### Planta do Piso 5



### Planta do Piso 6



### Planta do Piso 7



## Anexo B - Diagramas de carga

### Outros diagramas de carga retirados da monitorização realizada

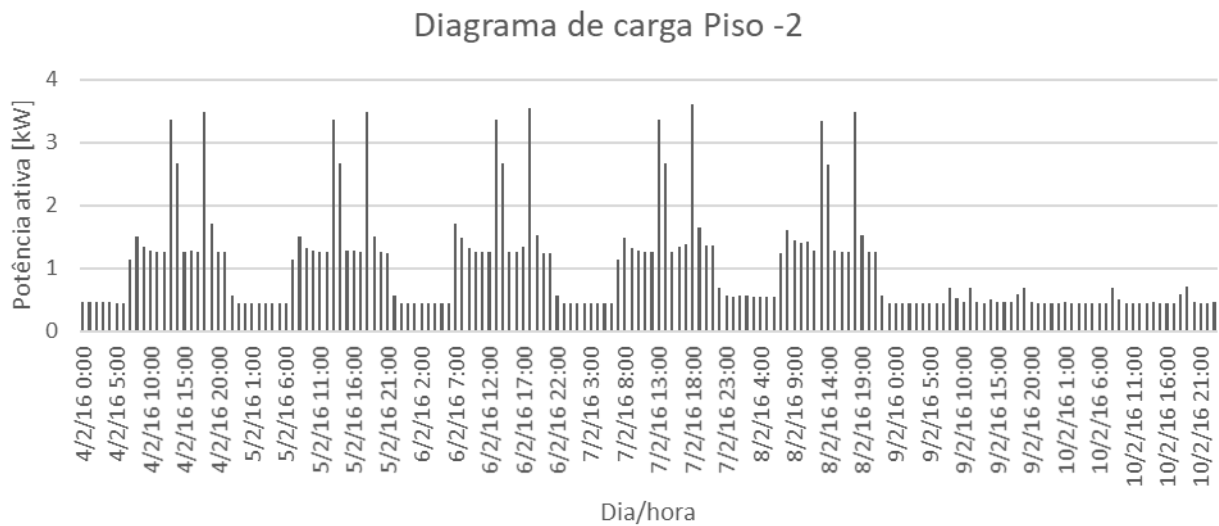
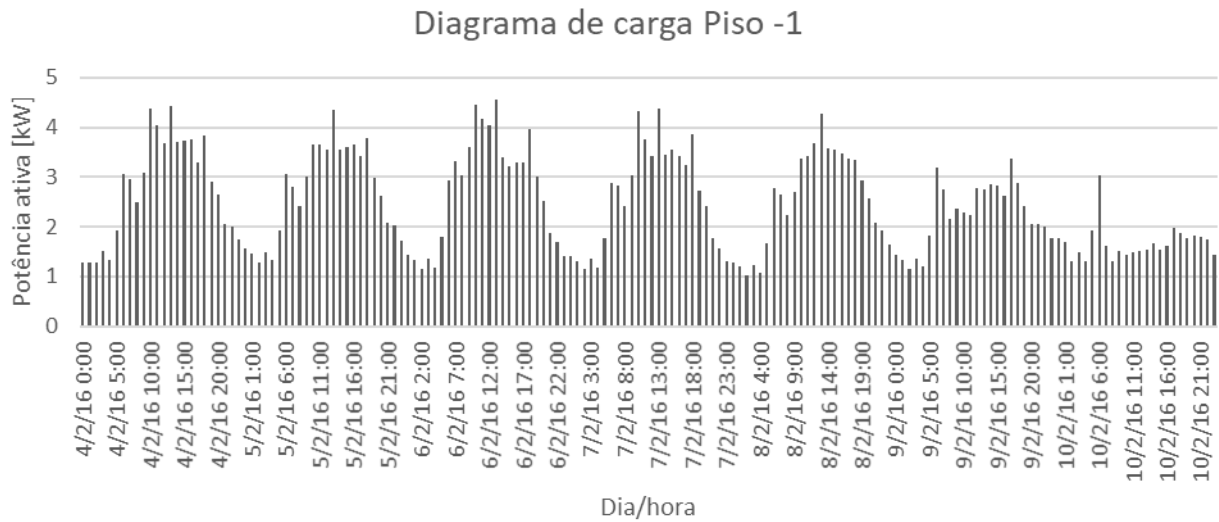


Diagrama de carga Piso -3

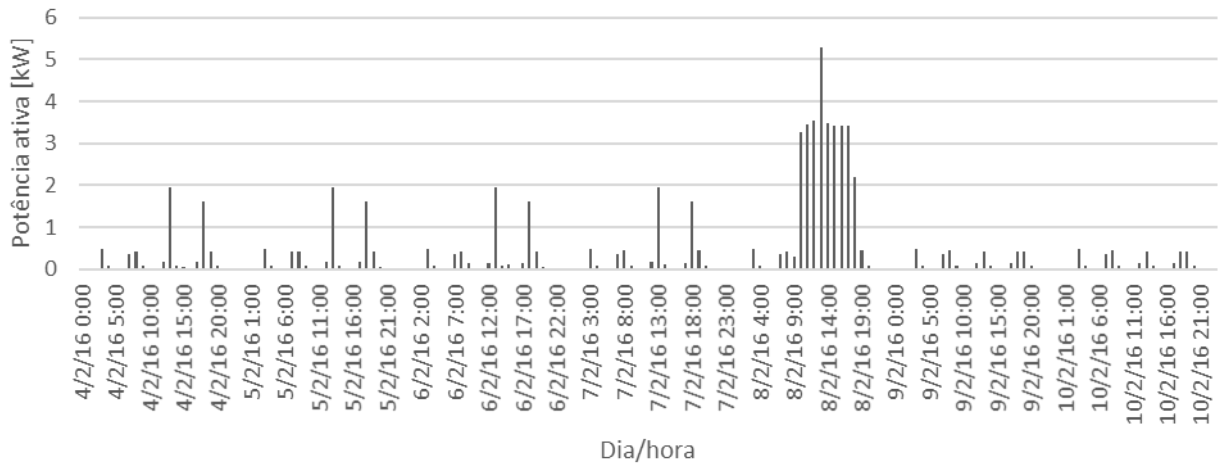


Diagrama de carga Piso 1 a 7

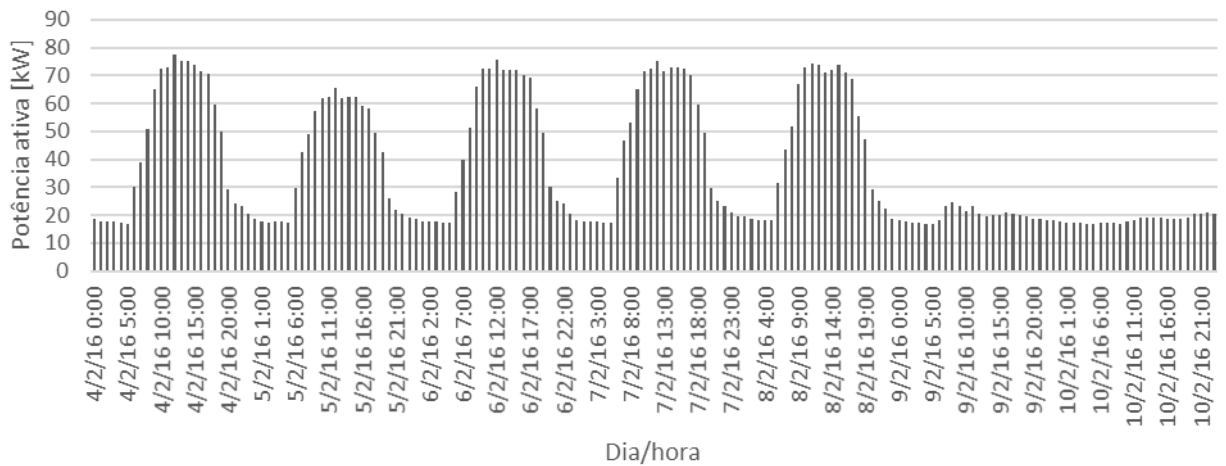
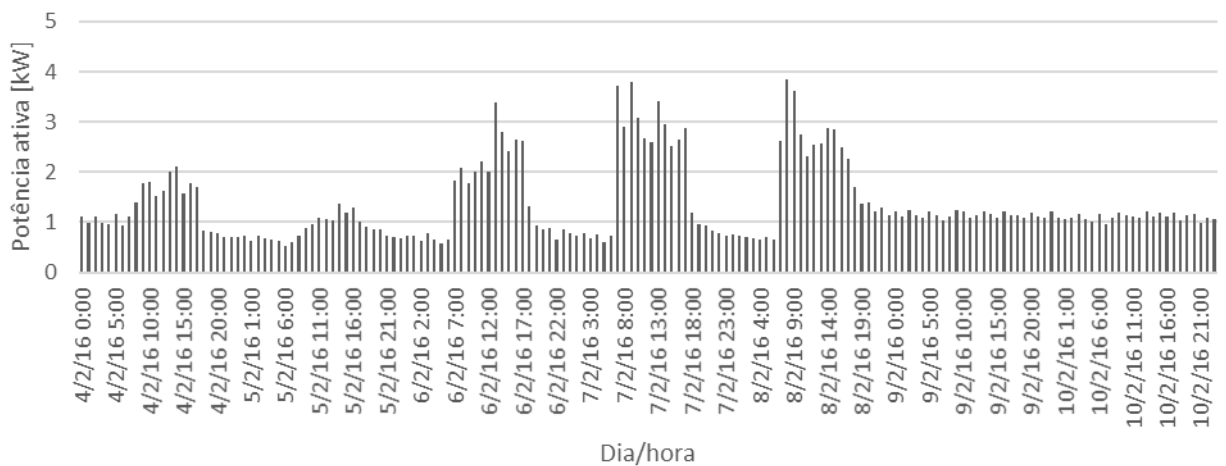


Diagrama de carga da cafetaria



## Anexo C - Perfis de utilização

### Piso -3

Zonas Técnicas, Arquivo e Escadas	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0
08.00 as 09.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
09.00 as 10.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
10.00 as 11.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
11.00 as 12.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
12.00 as 13.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
13.00 as 14.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
14.00 as 15.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
15.00 as 16.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
16.00 as 17.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
17.00 as 18.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Estacionamento	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	0	0	0
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0	0	10	10	10	0	0	0
08.00 as 09.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10	35	0	0	0
09.00 as 10.00	100	100	0	100	100	0	0	0	0	50	0	0	0
10.00 as 11.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	50	0	0	0
11.00 as 12.00	100	100	0	100	100	0	15	0	0	30	0	0	0
12.00 as 13.00	100	100	0	100	100	0	15	5	5	45	0	0	0
13.00 as 14.00	100	100	0	100	100	0	50	10	10	50	0	0	0
14.00 as 15.00	100	100	0	100	100	0	15	0	0	50	0	0	0
15.00 as 16.00	100	100	0	100	100	0	15	0	0	30	0	0	0
16.00 as 17.00	100	100	0	100	100	0	15	0	0	30	0	0	0
17.00 as 18.00	100	100	0	100	100	0	15	5	5	45	0	0	0
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0	30	10	10	50	0	0	0
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10	30	0	0	0
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Piso -2

Zonas Técnicas	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	10	0	0
08:00 as 09:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
09:00 as 10:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
10:00 as 11:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
11:00 as 12:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
12:00 as 13:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
13:00 as 14:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
14:00 as 15:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
15:00 as 16:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
16:00 as 17:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
17:00 as 18:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	10	0	0
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	10	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	10	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	10	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Escadas 1	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	40	30	30
08:00 as 09:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
09:00 as 10:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
10:00 as 11:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
11:00 as 12:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
12:00 as 13:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
13:00 as 14:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
14:00 as 15:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
15:00 as 16:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
16:00 as 17:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
17:00 as 18:00	100	100	0	100	100	0	40	30	30
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	40	30	30
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	40	30	30
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	40	30	30
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	40	30	30
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30

Escadas 2	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	55	45	45
08:00 as 09:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
09:00 as 10:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
10:00 as 11:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
11:00 as 12:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
12:00 as 13:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
13:00 as 14:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
14:00 as 15:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
15:00 as 16:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
16:00 as 17:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
17:00 as 18:00	100	100	0	100	100	0	55	45	45
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	55	45	45
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	55	45	45
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	55	45	45
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	55	45	45
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

Estacionamento	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0	35	0	0	45	45	45
08.00 as 09.00	100	100	0	100	100	0	35	10	15	70	45	45
09.00 as 10.00	100	100	0	100	100	0	20	5	5	100	45	45
10.00 as 11.00	100	100	0	100	100	0	20	0	0	100	45	45
11.00 as 12.00	100	100	0	100	100	0	25	15	0	70	45	45
12.00 as 13.00	100	100	0	100	100	0	20	0	0	85	45	45
13.00 as 14.00	100	100	0	100	100	0	95	0	0	100	45	45
14.00 as 15.00	100	100	0	100	100	0	70	5	0	100	45	45
15.00 as 16.00	100	100	0	100	100	0	25	0	0	70	45	45
16.00 as 17.00	100	100	0	100	100	0	25	0	0	70	45	45
17.00 as 18.00	100	100	0	100	100	0	25	0	0	85	45	45
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0	100	10	10	100	45	45
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0	35	5	15	70	45	45
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	30	0	0	45	45	45
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	35	0	0	45	45	45
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	10	0	0	45	45	45
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45	45	45

Piso -1

Zonas Técnicas e Arquivo	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0	10	0	0
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0	10	10	0
08.00 as 09.00	100	100	0	100	100	0	10	10	0
09.00 as 10.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
10.00 as 11.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
11.00 as 12.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
12.00 as 13.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
13.00 as 14.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
14.00 as 15.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
15.00 as 16.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
16.00 as 17.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
17.00 as 18.00	100	100	0	100	100	0	10	10	10
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	10	10	0
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	10	10	0
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	10	0	0
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	10	0	0

Escadas 1	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0	35	25	25
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0	35	35	25
08.00 as 09.00	100	100	0	100	100	0	35	35	25
09.00 as 10.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
10.00 as 11.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
11.00 as 12.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
12.00 as 13.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
13.00 as 14.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
14.00 as 15.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
15.00 as 16.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
16.00 as 17.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
17.00 as 18.00	100	100	0	100	100	0	35	35	35
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0	35	35	35
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0	35	35	35
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	35	35	25
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	35	25	25
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	35	25	25
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	35	25	25

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

Escadas 2	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	50	50	50
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	50	50	50
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	50	50	50
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	50	50	50
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	50	50	50
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	50	50	50
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	60	50	50
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	60	60	50
08:00 as 09:00	100	100	0	100	100	0	60	60	50
09:00 as 10:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
10:00 as 11:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
11:00 as 12:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
12:00 as 13:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
13:00 as 14:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
14:00 as 15:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
15:00 as 16:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
16:00 as 17:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
17:00 as 18:00	100	100	0	100	100	0	60	60	60
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	60	60	60
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	60	60	60
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	60	60	50
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	60	60	50
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	60	50	50
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	60	50	50

Sala 2	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	5	5	5
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	5	5	5
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	5	5	5
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	5	5	5
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	5	5	5
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	5	5	5
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	15	5	5
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	15	15	5
08:00 as 09:00	100	100	0	100	100	0	15	15	5
09:00 as 10:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
10:00 as 11:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
11:00 as 12:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
12:00 as 13:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
13:00 as 14:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
14:00 as 15:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
15:00 as 16:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
16:00 as 17:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
17:00 as 18:00	100	100	0	100	100	0	15	15	15
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	15	15	15
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	15	15	15
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	15	15	5
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	15	15	5
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	15	5	5
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	15	5	5

Sala 1	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	45	45	45
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	55	45	45
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	55	55	45
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	55	55	45
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	55	55	55
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	55	55	55
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	55	55	55
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	55	55	55
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	55	55	55
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	55	55	55
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	55	55	55
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	55	55	55
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	55	55	55
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	55	55	55
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	55	55	55
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	55	55	45
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	55	55	45
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	55	45	45
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	55	45	45

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

IS	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	0	0
06.00 as 07.00	10	0	0	5	0	0	15	5	5	0	0	0
07.00 as 08.00	20	5	0	10	5	0	15	15	5	100	0	0
08.00 as 09.00	50	5	0	25	5	0	15	15	5	100	0	0
09.00 as 10.00	100	5	0	50	5	0	15	15	15	100	0	0
10.00 as 11.00	100	0	0	50	0	0	15	15	15	100	0	0
11.00 as 12.00	100	0	0	50	0	0	15	15	15	100	0	0
12.00 as 13.00	50	0	0	25	0	0	15	15	15	100	0	0
13.00 as 14.00	50	0	0	25	0	0	15	15	15	100	0	0
14.00 as 15.00	100	0	0	50	0	0	15	15	15	100	0	0
15.00 as 16.00	100	0	0	50	0	0	15	15	15	100	0	0
16.00 as 17.00	100	0	0	50	0	0	15	15	15	100	0	0
17.00 as 18.00	100	0	0	50	0	0	15	15	15	100	0	0
18.00 as 19.00	50	0	0	25	0	0	15	15	15	100	0	0
19.00 as 20.00	10	0	0	5	0	0	15	15	15	100	0	0
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	15	15	5	0	0	0
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	15	15	5	0	0	0
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	15	5	5	0	0	0
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	15	5	5	0	0	0

Sala 3	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00.00 as 01.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20	20
01.00 as 02.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20	20
02.00 as 03.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20	20
03.00 as 04.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20	20
04.00 as 05.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20	20
05.00 as 06.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	20	20	20
06.00 as 07.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	20	20
07.00 as 08.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	20
08.00 as 09.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	20
09.00 as 10.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
10.00 as 11.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
11.00 as 12.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
12.00 as 13.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
13.00 as 14.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
14.00 as 15.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
15.00 as 16.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
16.00 as 17.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
17.00 as 18.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
18.00 as 19.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
19.00 as 20.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	30
20.00 as 21.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	20
21.00 as 22.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	30	20
22.00 as 23.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	20	20
23.00 as 24.00	100	100	100	100	100	100	100	100	100	30	20	20

Estacionamento	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	30	30	40	45	45	45
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	25	25	35	45	45	45
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	25	20	25	45	45	45
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	30	30	30	45	45	45
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	25	25	25	45	45	45
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	40	40	45	45	45	45
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0	70	80	75	45	45	45
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0	70	65	35	45	45	45
08.00 as 09.00	100	100	0	100	100	0	55	45	25	70	70	45
09.00 as 10.00	100	100	0	100	100	0	60	40	30	100	70	45
10.00 as 11.00	100	100	0	100	100	0	90	40	30	100	70	45
11.00 as 12.00	100	100	0	100	100	0	90	45	30	70	70	45
12.00 as 13.00	100	100	0	100	100	0	80	55	30	85	70	45
13.00 as 14.00	100	100	0	100	100	0	100	55	35	100	70	45
14.00 as 15.00	100	100	0	100	100	0	75	55	35	100	70	45
15.00 as 16.00	100	100	0	100	100	0	80	60	35	70	70	45
16.00 as 17.00	100	100	0	100	100	0	80	55	35	70	70	45
17.00 as 18.00	100	100	0	100	100	0	70	75	44	85	70	45
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0	80	55	40	100	70	45
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0	65	50	40	70	70	45
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	60	45	40	45	45	45
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	45	45	40	45	45	45
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	40	45	40	45	45	45
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	35	40	30	45	45	45

**Piso 0 – Fórum**

Arrumos e escadas	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	10	10	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	10	10	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	10	10	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zonas Técnicas	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0
08:00 as 09:00	100	100	0	100	100	0	10	10	0	0
09:00 as 10:00	100	100	0	100	100	0	10	10	0	0
10:00 as 11:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
11:00 as 12:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
12:00 as 13:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
13:00 as 14:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
14:00 as 15:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
15:00 as 16:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
16:00 as 17:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
17:00 as 18:00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bastidores e UPS -QE	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	10	10	0	100	100	100
08:00 as 09:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	10	0	100	100	100
09:00 as 10:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	10	0	100	100	100
10:00 as 11:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	0	0	100	100	100
11:00 as 12:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	0	0	100	100	100
12:00 as 13:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	0	0	100	100	100
13:00 as 14:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	0	0	100	100	100
14:00 as 15:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	0	0	100	100	100
15:00 as 16:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	0	0	100	100	100
16:00 as 17:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	0	0	100	100	100
17:00 as 18:00	100	100	0	100	100	0	100	100	100	100	10	0	0	100	100	100
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	0	0	0	100	100	100

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

IS	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Circulação	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	15	25	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	30	35	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	60	10	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	70	25	0	10	0	0	100	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	75	15	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	70	10	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	65	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	65	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	70	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	75	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	70	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	95	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	60	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sala reuniões	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	25	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	15	25	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	0	0	0	0	0	0	30	35	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	35	0	0	20	0	0	60	10	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	35	0	0	20	0	0	70	25	0	10	0	0	100	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	35	0	0	20	0	0	75	15	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
12:00 as 13:00	0	0	0	0	0	0	70	10	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
13:00 as 14:00	0	0	0	0	0	0	65	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
14:00 as 15:00	35	0	0	20	0	0	65	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
15:00 as 16:00	35	0	0	20	0	0	70	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
16:00 as 17:00	35	0	0	20	0	0	75	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
17:00 as 18:00	0	0	0	0	0	0	70	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	95	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

**Piso 0 – Receção/Auditório**

IS	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Auditório	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	10	0	0	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
11:00 as 12:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00 as 13:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0
13:00 as 14:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	0	100	0	100	0	0
14:00 as 15:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	0	100	0	100	0	0
15:00 as 16:00	70	0	0	35	0	0	100	0	0	10	0	0	0	100	0	100	0	0
16:00 as 17:00	70	0	0	35	0	0	100	0	0	10	0	0	0	100	0	100	0	0
17:00 as 18:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	0	0	0	100	0	0
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Receção	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	0	0	100	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
12:00 as 13:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
13:00 as 14:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
18:00 as 19:00	100	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	100	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	100	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	100	0	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

Régie Auditorio	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100	100	100
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	10	0	100	100	100
08:00 as 09:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	10	0	100	100	100
09:00 as 10:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	10	0	100	100	100
10:00 as 11:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	100
11:00 as 12:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	100
12:00 as 13:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	100
13:00 as 14:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	100
14:00 as 15:00	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	100	100	100
15:00 as 16:00	70	0	0	35	0	0	100	0	0	10	0	0	0	100	100	100
16:00 as 17:00	70	0	0	35	0	0	100	0	0	10	0	0	0	100	100	100
17:00 as 18:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	10	0	0	0	100	100	100
18:00 as 19:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100

Restaurante	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	15	20	40	15	20	40
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	10	5	5	10	5	5
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	0	10	5	5	10	5	5
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	0	10	5	5	10	5	5
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	0	10	5	5	10	5	5
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	0	10	5	5	10	5	5
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	0	15	20	35	15	20	35
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	0	45	40	50	45	40	50
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	0	70	70	60	70	70	60
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	0	75	75	60	75	75	60
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	0	65	60	55	65	60	55
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	0	40	50	50	40	50	50
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	0	30	50	30	30	50	30
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	0	35	50	45	35	50	45
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	0	35	65	65	35	65	65
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	0	80	80	80	80	80	80
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	80	80	100	80	80	100
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	80	85	70	80	85	70
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	70	75	70	70	75	70
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	60	60	60	60	60	60

**Piso 0 – Intermédio**

IS	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	10	10	0	10	10	0	100	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0	10	0	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Escadas	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	10	10	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	10	10	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	10	10	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	10	0	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	10	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Circulação	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	35	45	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	45	50	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	75	55	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	85	25	0	10	0	0	100	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	90	15	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	85	10	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	80	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	80	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	85	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	90	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	85	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	90	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	60	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

Sala de reuniões	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0	0	35	45	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
08.00 as 09.00	0	0	0	0	0	0	0	45	50	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0
09.00 as 10.00	35	0	0	20	0	0	75	55	0	10	10	0	100	0	0	0	0	0	0
10.00 as 11.00	35	0	0	20	0	0	85	25	0	10	0	0	100	0	0	100	0	0	0
11.00 as 12.00	35	0	0	20	0	0	90	15	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0	0
12.00 as 13.00	0	0	0	0	0	0	85	10	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0	0
13.00 as 14.00	0	0	0	0	0	0	80	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0	0
14.00 as 15.00	35	0	0	20	0	0	80	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0	0
15.00 as 16.00	35	0	0	20	0	0	85	0	0	10	0	0	100	100	0	100	100	0	0
16.00 as 17.00	35	0	0	20	0	0	90	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0	0
17.00 as 18.00	0	0	0	0	0	0	85	0	0	10	0	0	100	100	0	100	0	0	0
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0	90	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Zonas Técnicas	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0	10	10	0	0
08.00 as 09.00	100	100	0	100	100	0	10	10	0	0
09.00 as 10.00	100	100	0	100	100	0	10	10	0	0
10.00 as 11.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
11.00 as 12.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
12.00 as 13.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
13.00 as 14.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
14.00 as 15.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
15.00 as 16.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
16.00 as 17.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
17.00 as 18.00	100	100	0	100	100	0	10	0	0	0
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Pisos 1 a 7

Zonas Técnicas	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0
06.00 as 07.00	0	0	0	0	0	0
07.00 as 08.00	0	0	0	0	0	0
08.00 as 09.00	100	100	0	100	100	0
09.00 as 10.00	100	100	0	100	100	0
10.00 as 11.00	100	100	0	100	100	0
11.00 as 12.00	100	100	0	100	100	0
12.00 as 13.00	100	100	0	100	100	0
13.00 as 14.00	100	100	0	100	100	0
14.00 as 15.00	100	100	0	100	100	0
15.00 as 16.00	100	100	0	100	100	0
16.00 as 17.00	100	100	0	100	100	0
17.00 as 18.00	100	100	0	100	100	0
18.00 as 19.00	0	0	0	0	0	0
19.00 as 20.00	0	0	0	0	0	0
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

Bastidores	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	100	100	100	100	100	100
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	100	100	100	100	100	100
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	100	100	100	100	100	100
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	100	100	100	100	100	100
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	100	100	100	100	100	100
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	100	100	100	100	100	100
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	100	100	100	100	100	100
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	100	100	100	100	100	100
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	100	100	100	100	100	100
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	100	100	100	100	100	100
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	100	100	100	100	100	100
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	100	100	100	100	100	100
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	100	100	100	100	100	100
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	100	100	100	100	100	100
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100

IS	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	100	0	0	100	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Escadas (Piso 1 a 5)	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	30	30	30
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	30	30	30
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	100	30	30
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	100	30	30
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	100	30	30
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	100	30	30
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	100	30	30
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	100	30	30
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	100	30	30
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	100	30	30
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	100	30	30
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	100	30	30
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	100	30	30
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	100	30	30
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	100	30	30
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	30	30	30

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

Escadas (Piso 6)	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20
06.00 as 07.00	10	0	0	5	0	0	20	20	20
07.00 as 08.00	20	5	0	10	5	0	20	20	20
08.00 as 09.00	50	5	0	25	5	0	100	20	20
09.00 as 10.00	100	5	0	50	5	0	100	20	20
10.00 as 11.00	100	0	0	50	0	0	100	20	20
11.00 as 12.00	100	0	0	50	0	0	100	20	20
12.00 as 13.00	50	0	0	25	0	0	100	20	20
13.00 as 14.00	50	0	0	25	0	0	100	20	20
14.00 as 15.00	100	0	0	50	0	0	100	20	20
15.00 as 16.00	100	0	0	50	0	0	100	20	20
16.00 as 17.00	100	0	0	50	0	0	100	20	20
17.00 as 18.00	100	0	0	50	0	0	100	20	20
18.00 as 19.00	50	0	0	25	0	0	100	20	20
19.00 as 20.00	10	0	0	5	0	0	100	20	20
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	100	20	20
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	20	20	20

Escadas (Piso 7)	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
06.00 as 07.00	10	0	0	5	0	0	10	10	10
07.00 as 08.00	20	5	0	10	5	0	10	10	10
08.00 as 09.00	50	5	0	25	5	0	100	10	10
09.00 as 10.00	100	5	0	50	5	0	100	10	10
10.00 as 11.00	100	0	0	50	0	0	100	10	10
11.00 as 12.00	100	0	0	50	0	0	100	10	10
12.00 as 13.00	50	0	0	25	0	0	100	10	10
13.00 as 14.00	50	0	0	25	0	0	100	10	10
14.00 as 15.00	100	0	0	50	0	0	100	10	10
15.00 as 16.00	100	0	0	50	0	0	100	10	10
16.00 as 17.00	100	0	0	50	0	0	100	10	10
17.00 as 18.00	100	0	0	50	0	0	100	10	10
18.00 as 19.00	50	0	0	25	0	0	100	10	10
19.00 as 20.00	10	0	0	5	0	0	100	10	10
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	100	10	10
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	10	10	10

Hall Elev (Piso 1 a 6)	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado
00.00 as 01.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40
01.00 as 02.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40
02.00 as 03.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40
03.00 as 04.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40
04.00 as 05.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40
05.00 as 06.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40
06.00 as 07.00	10	0	0	5	0	0	40	40	40
07.00 as 08.00	20	5	0	10	5	0	40	40	40
08.00 as 09.00	50	5	0	25	5	0	100	40	40
09.00 as 10.00	100	5	0	50	5	0	100	40	40
10.00 as 11.00	100	0	0	50	0	0	100	40	40
11.00 as 12.00	100	0	0	50	0	0	100	40	40
12.00 as 13.00	50	0	0	25	0	0	100	40	40
13.00 as 14.00	50	0	0	25	0	0	100	40	40
14.00 as 15.00	100	0	0	50	0	0	100	40	40
15.00 as 16.00	100	0	0	50	0	0	100	40	40
16.00 as 17.00	100	0	0	50	0	0	100	40	40
17.00 as 18.00	100	0	0	50	0	0	100	40	40
18.00 as 19.00	50	0	0	25	0	0	100	40	40
19.00 as 20.00	10	0	0	5	0	0	100	40	40
20.00 as 21.00	0	0	0	0	0	0	100	40	40
21.00 as 22.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40
22.00 as 23.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40
23.00 as 24.00	0	0	0	0	0	0	40	40	40

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

Hall Elev (Piso 7)	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Iluminação a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
Horas									
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	25	25	25
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	25	25	25
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	100	25	25
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	100	25	25
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	100	25	25
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	100	25	25
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	100	25	25
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	100	25	25
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	100	25	25
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	100	25	25
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	100	25	25
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	100	25	25
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	100	25	25
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	100	25	25
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	100	25	25
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	25	25	25

Cafeteria_Bar	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]			
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	
Horas																						
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	25	35	30	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	25	30	30	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	25	35	30	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	25	35	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	20	30	30	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	20	35	30	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	0	0	0	0	0	0	20	35	35	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	0	0	0	0	0	0	55	30	30	5	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	20	0	0	15	0	0	45	30	30	100	5	5	70	20	0	100	0	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	100	0	0	50	0	0	50	35	35	100	5	5	100	55	0	100	0	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	50	0	0	25	0	0	45	35	35	100	5	5	100	55	0	100	0	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	20	0	0	15	0	0	40	30	30	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0	0
12:00 as 13:00	100	0	0	50	0	0	40	35	30	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0	0
13:00 as 14:00	100	0	0	50	0	0	55	35	35	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0	0
14:00 as 15:00	20	0	0	15	0	0	55	35	30	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0	0
15:00 as 16:00	50	0	0	25	0	0	45	30	35	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	45	35	30	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0	0
17:00 as 18:00	50	0	0	25	0	0	45	35	35	100	5	5	100	35	0	100	100	0	100	0	0	0
18:00 as 19:00	20	0	0	15	0	0	20	35	30	100	5	5	80	5	0	100	0	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	0	0	0	0	0	0	15	30	35	100	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	30	35	35	5	5	5	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	25	30	30	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	25	30	30	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	25	35	30	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Open Space 1	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]			
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	
Horas																						
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	25	20	20	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	25	20	20	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	25	20	20	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	25	20	20	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	25	20	20	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	25	20	20	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	30	20	20	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	50	20	20	5	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	65	20	20	100	5	5	70	20	0	100	0	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	30	20	20	100	5	5	100	55	0	100	0	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	70	30	20	100	5	5	100	55	0	100	0	0	100	0	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	70	25	20	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	85	25	20	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	80	25	20	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	70	25	20	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	70	25	20	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	70	20	20	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	75	20	15	100	5	5	100	35	0	100	100	0	100	0	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	50	20	15	100	5	5	80	5	0	100	0	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	10	20	15	100	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	60	20	15	5	5	5	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	35	20	15	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	35	20	15	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	30	20	15	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Utilização de simulação dinâmica para estudar o efeito de ações de *Demand Response* num edifício de escritórios

Open Space 2	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	60	35	35	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	85	45	35	5	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	95	50	35	100	5	5	70	20	0	100	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	75	45	35	100	5	5	100	55	0	100	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	85	45	35	100	5	5	100	55	0	100	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	85	45	35	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	90	40	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	85	40	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	85	40	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	85	40	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	80	40	35	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	80	40	35	100	5	5	100	35	0	100	100	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	55	40	35	100	5	5	80	5	0	100	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	45	40	40	100	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	50	35	40	5	5	5	0	0	0	100	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	50	35	40	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	45	35	45	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	45	35	40	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Open Space 3, 4, 5 e 6	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	40	40	40	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	40	40	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	40	35	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	65	40	35	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	90	50	35	5	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	50	55	35	100	5	5	70	20	0	100	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	75	50	35	100	5	5	100	55	0	100	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	85	45	40	100	5	5	100	55	0	100	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	85	50	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	90	45	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	85	40	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	85	45	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	85	45	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	80	45	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	80	45	40	100	5	5	100	35	0	100	100	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	55	45	40	100	5	5	80	5	0	100	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	40	40	40	100	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	55	40	45	5	5	5	0	0	0	100	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	50	40	45	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	50	40	45	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	40	40	45	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gabinetes	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			Iluminação a considerar [%]			Ventilação mecânica a considerar [%]			Aquecimento a considerar [%]			Arrefecimento a considerar [%]		
	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	40	40	40	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	40	40	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	40	35	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	40	40	35	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	40	35	35	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	35	35	35	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	65	40	35	5	5	5	10	10	5	0	0	0	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	90	50	35	5	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	55	55	0	100	5	5	70	20	0	100	0	0	0	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	80	50	40	100	5	5	100	55	0	100	0	0	0	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	90	45	35	100	5	5	100	55	0	100	0	0	100	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	90	50	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	95	45	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	85	40	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	90	45	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	90	45	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	100	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	85	45	40	100	5	5	100	55	0	100	100	0	100	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	80	45	40	100	5	5	100	35	0	100	100	0	100	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	60	45	40	100	5	5	80	5	0	100	0	0	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	45	40	40	100	5	5	5	5	0	100	0	0	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	50	40	45	5	5	5	0	0	0	100	0	0	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	50	40	45	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	50	40	45	5	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	40	40													

## Elevadores todos os pisos

Elevadores	Ocupação a considerar [%]			Ocupação a considerar em férias [%]			Equipamentos diversos a considerar [%]			
	Horas	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo	Semana	Sábado	Domingo
00:00 as 01:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01:00 as 02:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02:00 as 03:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03:00 as 04:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04:00 as 05:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05:00 as 06:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06:00 as 07:00	10	0	0	5	0	0	10	0	0	0
07:00 as 08:00	20	5	0	10	5	0	10	10	0	0
08:00 as 09:00	50	5	0	25	5	0	60	10	0	0
09:00 as 10:00	100	5	0	50	5	0	95	10	0	0
10:00 as 11:00	100	0	0	50	0	0	75	5	0	0
11:00 as 12:00	100	0	0	50	0	0	60	5	0	0
12:00 as 13:00	50	0	0	25	0	0	65	0	0	0
13:00 as 14:00	50	0	0	25	0	0	75	0	0	0
14:00 as 15:00	100	0	0	50	0	0	80	5	0	0
15:00 as 16:00	100	0	0	50	0	0	60	5	0	0
16:00 as 17:00	100	0	0	50	0	0	55	5	0	0
17:00 as 18:00	100	0	0	50	0	0	60	0	0	0
18:00 as 19:00	50	0	0	25	0	0	65	0	0	0
19:00 as 20:00	10	0	0	5	0	0	45	0	0	0
20:00 as 21:00	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0
21:00 as 22:00	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
22:00 as 23:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23:00 as 24:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo D - Densidade de ocupação, de potência dos equipamentos, de iluminação e de energia auxiliar consideradas

Piso	Identificação da zona térmica	Área útil [m <sup>2</sup> ]	Densidade de ocupação [Pessoas/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência dos equipamentos [W/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência da energia auxiliar (W/m <sup>2</sup> )
Piso -3	Arquivo	28,771	-	-	11	-
	Escadas 1	51,563	0,01	-	5	-
	Escadas 2	16,114	0,01	-	4	-
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Estacionamento	1665,679	0,01	2	-	-
	ZT 1	65,476	-	-	1	-
	ZT 2	19,713	-	-	3	-
	ZT 3	22,774	-	-	5	-
Piso -2	ZT 4	16,616	-	-	3	-
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas 1	65,905	0,01	-	5	-
	Escadas 2	16,114	0,01	-	4	-
	Estacionamento	1701,241	0,01	1	-	-
	ZT 1	47,619	-	-	2	-
	ZT 2	16,320	-	-	3	-
	ZT 3	22,774	-	-	5	-
Piso -1	ZT 4	16,616	-	-	3	-
	Arquivo	40,146	-	-	14	-
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas 1	65,281	0,01	-	5	-
	Escadas 2	14,592	0,01	-	5	-
	Estacionamento	1617,031	0,01	2	-	-
	IS	18,605	0,01	-	15	-
	Sala 1	5,201	0,01	-	7	-
	Sala 2	16,307	0,01	-	17	-
	Sala 3	17,798	0,06	16	5	-
	ZT 1	45,833	-	-	1	-
	ZT 2	16,320	-	-	3	-
Piso 0 - fórum	ZT 3	22,774	-	-	5	-
	ZT 4	12,277	-	-	4	-
	Arrumos	6,418	-	-	8	-
	Bastidores	9,292	-	60	15	-
	Escadas	31,909	0,01	-	7	-
	Circulação	141,475	0,01	5	33	-
	Reuniões 1	35,656	0,4	2	7	-
	Reuniões 2	47,967	0,4	2	11	-
	IS	26,788	0,01	14	3	-
	SR 1	14,212	0,4	3	14	-
	SR 2	19,622	0,4	4	10	-
	UPS - QE	12,482	-	32	9	-
ZT 1	5,504	-	-	7	-	
ZT 2	2,762	-	-	13	-	

Piso	Identificação da zona térmica	Área útil [m <sup>2</sup> ]	Densidade de ocupação [Pessoas/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência dos equipamentos [W/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência da energia auxiliar (W/m <sup>2</sup> )
Piso 0 – recepção/ auditório	Auditório	115,421	0,78	1	40	-
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	IS	9,537	0,01	39	14	-
	Recepção	200,826	0,01	3	4	-
	Régie	5,485	0,01	23	10	-
	Restaurante	180,000	0,07	60	6	-
Piso 0 - intermédio	Escadas	6,006	0,01	-	15	-
	Circulação	197,596	0,01	3	9	-
	IS	13,001	0,01	28	6	-
	Sala	41,414	0,14	11	25	-
	SR 1	19,109	0,4	2	10	-
	SR 2	19,573	0,4	2	10	-
	SR 3	35,309	0,4	6	11	-
	ZT 1	5,755	-	-	6	-
	ZT 2	10,719	-	-	3	-
ZT 3	-	-	-	-	-	
Piso 1	Bastidores	-	-	60	-	-
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas	35,094	0,01	-	5	-
	Hall elevadores	28,943	0,01	-	1	-
	IS 1	10,020	0,01	37	7	-
	IS 2	10,021	0,01	37	7	-
	Open space 1	809,649	0,15	10	6	6,25
	ZT 1	1,506	-	-	-	-
	ZT 2	10,754	-	-	-	-
ZT 3	3,262	-	-	-	-	
Piso 2	Cafetaria-bar	99,109	0,46	60	6	6,25
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas	35,094	0,01	-	5	-
	Hall elevadores	28,943	0,01	-	1	-
	IS 1	10,020	0,01	37	7	-
	IS 2	10,021	0,01	37	7	-
	Open space 2	604,016	0,15	17	6	6,25
	ZT 1	1,506	-	-	-	-
	ZT 2	10,754	-	-	-	-
ZT 3	3,262	-	-	-	-	
Piso 3	Bastidores	-	-	60	-	-
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas	35,094	0,01	-	5	-
	Hall elevadores	28,943	0,01	-	1	-
	IS 1	10,020	0,01	37	7	-
	IS 2	10,021	0,01	37	7	-
	Open space 3	705,175	0,22	15	6	6,25
	ZT 1	1,506	-	-	-	-
	ZT 2	10,754	-	-	-	-
ZT 3	3,262	-	-	-	-	

Piso	Identificação da zona térmica	Área útil [m <sup>2</sup> ]	Densidade de ocupação [Pessoas/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência dos equipamentos [W/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência de iluminação [W/m <sup>2</sup> ]	Densidade de potência da energia auxiliar (W/m <sup>2</sup> )
Piso 4	Bastidores	-	-	60	-	-
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas	35,094	0,01	-	5	-
	Hall elevadores	28,943	0,01	-	1	-
	IS 1	10,020	0,01	37	7	-
	IS 2	10,021	0,01	37	7	-
	Open space 4	706,119	0,22	14	6	6,25
	ZT 1	1,506	-	-	-	-
	ZT 2	10,754	-	-	-	-
ZT 3	3,262	-	-	-	-	
Piso 5	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas	35,094	0,01	-	5	-
	Hall elevadores	28,943	0,01	-	1	-
	IS 1	10,020	0,01	37	7	-
	IS 2	10,021	0,01	37	7	-
	Open space 5	707,988	0,21	14	6	6,25
	ZT 1	1,506	-	-	-	-
	ZT 2	10,754	-	-	-	-
	ZT 3	3,262	-	-	-	-
Piso 6	Bastidores	-	-	60	-	-
	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas	35,094	0,01	-	5	-
	Hall elevadores	28,943	0,01	-	1	-
	IS 1	10,020	0,01	37	7	-
	IS 2	10,021	0,01	37	7	-
	Open space 6	709,020	0,18	13	5	6,25
	ZT 1	10,754	-	-	-	-
	ZT 2	1,506	-	-	-	-
ZT 3	3,262	-	-	-	-	
Piso 7	Elevadores	11,700	0,01	49	-	-
	Escadas	35,094	0,01	-	7	-
	Gabinetes	546,099	0,03	13	5	6,25
	Hall elevadores	28,943	0,01	-	2	-
	IS 1	10,020	0,01	37	7	-
	IS 2	10,021	0,01	37	7	-
	ZT 1	1,506	-	-	-	-
	ZT 2	10,754	-	-	-	-
	ZT 3	3,262	-	-	-	-

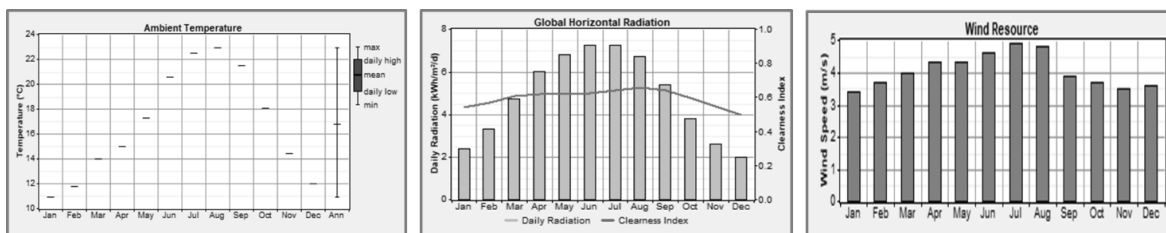
## Anexo E - Dimensionamento do sistema de produção descentralizada

Para a avaliação e dimensionamento do sistema de produção descentralizada a implementar na instalação em estudo, utilizou-se como ferramenta de trabalho dois programas, o *software Homer* [21] para avaliação da melhor solução e o *software DesignBuilder* [4] para analisarmos a interação do sistema fotovoltaico com as outras valências em estudo. Neste anexo vamos explicar porque recorreremos ao *software Homer* como auxílio na definição do sistema a implementar.

De forma a avaliar qual a melhor solução a implementar, recorreremos ao *software Homer* e definiu-se qual o tipo de sistema de produção descentralizada que deve alimentar a instalação, com base nos seguintes pressupostos:

- Área de cobertura para instalação da unidade é de 1.220 m<sup>2</sup>;
- Pelo DL 153/2014 de 20 de Outubro [22], a potência de ligação da Unidade de produção não pode ser superior à potência contratada e tratando-se de uma UPAC, a potência instalada não pode ser superior a duas vezes a potência de ligação;
- Instalação de inversores para converterem a corrente contínua (DC) em corrente alternada (AC);
- Instalação de painéis fotovoltaicos alimentados do lado DC;
- Instalação de aerogeradores alimentados do lado AC;
- Ligação à rede elétrica nacional existente no local.

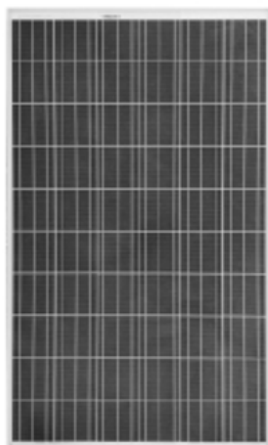
Após definido o tipo de sistema a adotar, inseriu-se no *software Homer* todos os dados relativos à caracterização climática da localização do edifício em estudo, nomeadamente a temperatura (mínima de 10,9 °C, máxima de 22,9 °C e média de 16,8 °C), a radiação solar (mínima de 2,01 kWh/m<sup>2</sup>/dia, máxima de 7,26 kWh/m<sup>2</sup>/dia e média de 4,86 kWh/m<sup>2</sup>/dia) e a velocidade do vento (mínima de 3,4 m/s, máxima de 4,9 m/s e média de 4,1 m/s), de acordo com os dados da figura abaixo.



### Caracterização climática da localização do edifício em estudo [21]

Para dimensionamento do sistema fotovoltaico, foram definidos escalões de 20 em 20 kW (0, 20, 40, ..., 140, 160) até ao valor de potência máxima de 160 kW. Este sistema será constituído por painéis fotovoltaicos de 250 Wp da marca Luxor Solar, modelo Luxor Eco Line 60/250 W. O painel fotovoltaico é constituído por 60 células fotovoltaicas do tipo policristalino, apresentando um rendimento de 15,37%. As restantes características do painel fotovoltaico são apresentadas na tabela abaixo.

### Características do painel fotovoltaico



<b>Marca</b>	Luxor Solar
<b>Modelo</b>	Luxor Eco Line 60/250 W
<b>Características elétricas</b>	
Potência nominal [Wp]	250
Eficiência [%]	15,37
Tensão MPP [V]	30,8
Corrente MPP [A]	8,2
Tensão circuito aberto [V]	37,4
Corrente curto-circuito [A]	8,6
Tolerância	+1,5/+6,5 Wp
Tensão máxima [V]	1000
<b>Coefficientes térmicos</b>	
Coefficiente P [%/°C]	-0,45
Coefficiente V [%/°C]	-0,32
Coefficiente I [%/°C]	0,05
<b>Características dos componentes</b>	
Tipo de células	Policristalinas
Nº células	60
Conector	MC4
<b>Dimensões e peso</b>	
Dimensão [mm]	1640x992x40
Área [m²]	1,63
Peso [kg]	18

(Fonte: *Krannich solar*)

Para converter a corrente DC em corrente AC produzida nos painéis fotovoltaicos, utilizam-se inversores, com os mesmos escalões utilizados no sistema fotovoltaico, de 20 kW da marca SMA, modelo STP 20000TL-30. O inversor escolhido possui um rendimento de 98%. As restantes características do inversor são apresentadas na tabela seguinte.

### Características do inversor



<b>Marca</b>	SMA
<b>Modelo</b>	STP 20000TL-30
<b>Input (DC)</b>	
Potência máxima [W]	20 440
Tensão máxima [V]	1000
Tensão mínima [V]	150
Tensão MPP [V]	320-800/600
Corrente máxima [A]	33
<b>Output (AC)</b>	
Potência máxima (W)	20 000
Tensão nominal [V]	230/400
Frequência [Hz]	50
Corrente máxima [A]	29
<b>Dimensões e peso</b>	
Dimensão [mm]	661x682x264
Peso [kg]	61
<b>Geral</b>	
Máxima eficiência [%]	98,4
Eficiência Europeia [%]	98
Índice Protecção	IP65

(Fonte: *SMA Solar Technology*)

Sabendo que a velocidade do vento mínima é de 3,4 m/s, escolheu-se um aerogerador que inicia a produção de energia elétrica com velocidades de vento igual a 3 m/s. O aerogerador escolhido já possui uma potência definida de 2,5 kW, pelo que os escalões foram definidos em valores unitários de 5 em 5 unidades (0, 5, ..., 60, 64), até ao valor de potência contratada de 160 kW. O aerogerador é da marca *Wind Energy Solutions* (WES), modelo WES 5 Tulipo. As restantes características do aerogerador são apresentadas na tabela abaixo.

### Características do aerogerador

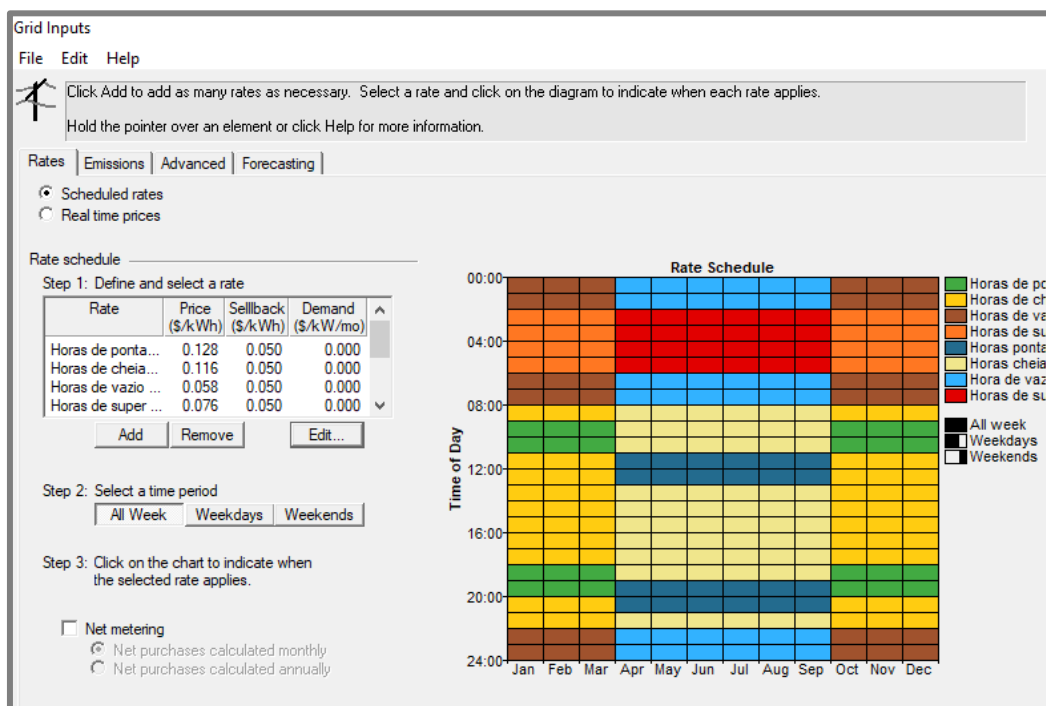


<b>Marca</b>	Wind Energy Solutions (WES)
<b>Modelo</b>	WES 5 Tulipo
<b>Características elétricas</b>	
Potência de saída [kW]	2,5
Tensão nominal [V]	400
Frequência [Hz]	50
<b>Dimensões e peso</b>	
Altura [m]	12,25
Peso [kg]	850
<b>Geral</b>	
Nº pás	3
Tipo de gerador	Assíncrono
Regulação de potência	Pitch Stall
Velocidade mínima [m/s]	3
Velocidade nominal [m/s]	9
Velocidade máxima [m/s]	20
Índice Protecção	IP55

(Fonte: *Wind Energy Solutions*)

Um dos objetivos passou por considerar que todo o sistema se encontra ligado à rede elétrica existente no local, para ter como apoio a rede elétrica em caso do sistema de produção descentralizada não fornecer toda a energia elétrica necessária e, em caso de necessidade, vender à rede a energia elétrica produzida e não consumida na instalação de utilização.

Para efetuar a simulação da rede elétrica, existiu a necessidade de definir os vários períodos horários e os respetivos tarifários aplicados em cada um desses períodos, não esquecendo também a diferença de preços entre os períodos de Inverno e Verão. Neste caso recorremos à Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE), para recolher os períodos horários relativos ao ciclo diário [19] e o valor monetário das tarifas a aplicar neste trabalho foram obtidas através da documentação disponível. Após termos obtido todos os custos associados, inserimos todos esses custos no *software Homer*, conforme apresentado na imagem abaixo.



**Características de simulação dos custos associados com a energia ativa [€/kWh] [21]**

De forma a especificar qual o diagrama de carga da instalação a alimentar, inseriu-se no *software Homer*, todos os consumos de hora a hora relativos ao modelo de referência, como apresentado na figura abaixo. Nesta análise pode-se detetar que

a instalação é para ser alimentada do lado AC e consome em média 78,3 kW de potência ativa e uma potência máxima de 162 kW.

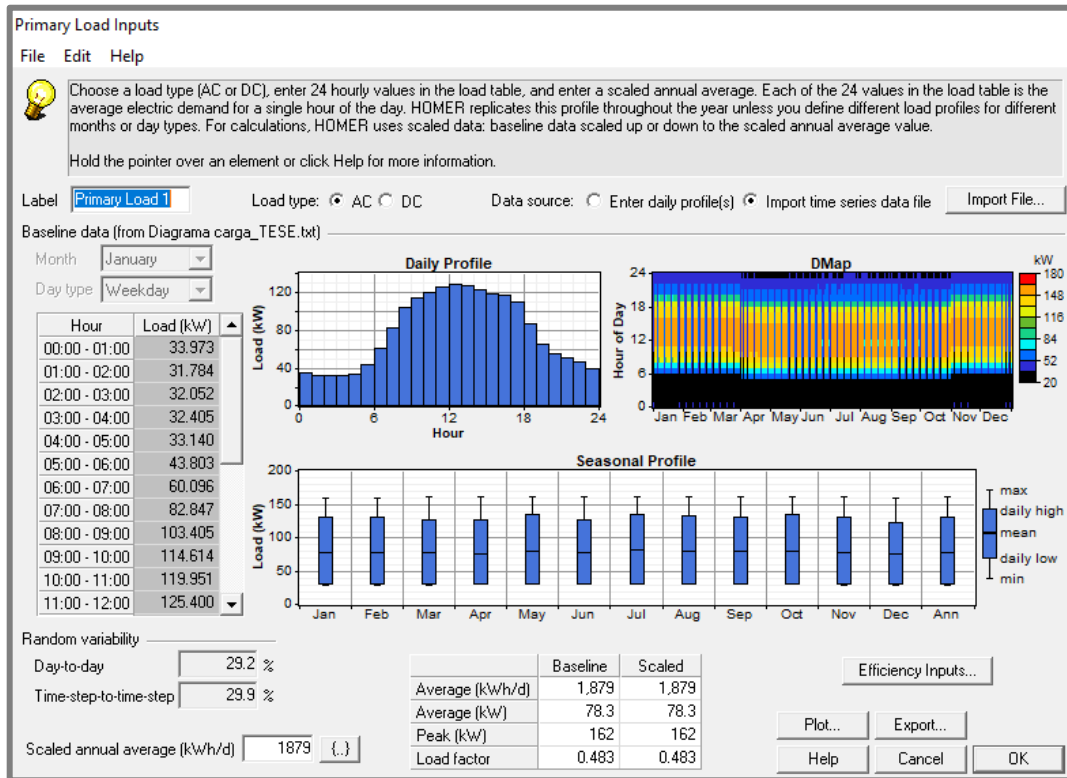
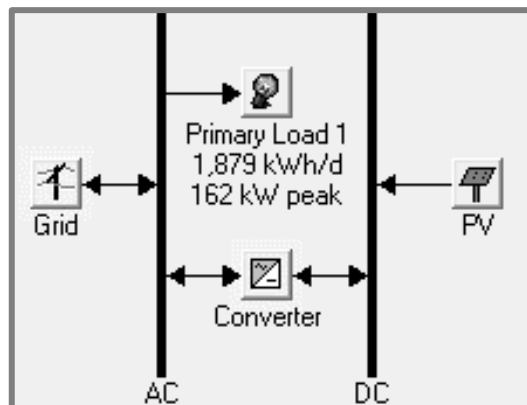


Diagrama de carga da instalação em estudo [21]

Com a introdução de todas as possíveis variáveis, apresenta-se na imagem seguinte a interligação de todos os equipamentos considerados anteriormente, a serem simulados através do *software Homer* para avaliar a melhor solução para o sistema de produção descentralizada.



Interligação de todos os equipamentos a considerar para o dimensionamento do sistema de produção descentralizada [21]

Após a simulação realizada, o *software Homer* indicou que, das 1296 simulações realizadas, apenas 2 são soluções ótimas para implementar um sistema de produção descentralizada, conforme é apresentado na imagem abaixo.

The screenshot displays the Homer software interface. On the left, a diagram shows the system configuration: WES 5 Tulipo (Wind Energy System) and PV (Photovoltaic) are connected to an AC bus, which is linked to a DC bus via a Converter. A Primary Load 1 (1.879 kWh/d, 162 kW peak) is connected to the AC bus, and the Grid is connected to the DC bus. Below the diagram are sections for Resources (Solar, Wind) and Other (Economics, System control, Temperature, Emissions, Constraints). The main window shows simulation statistics: 1296 simulations, 1 sensitivity, and a completed status in 8 seconds. A table of Sensitivity Results is shown below.

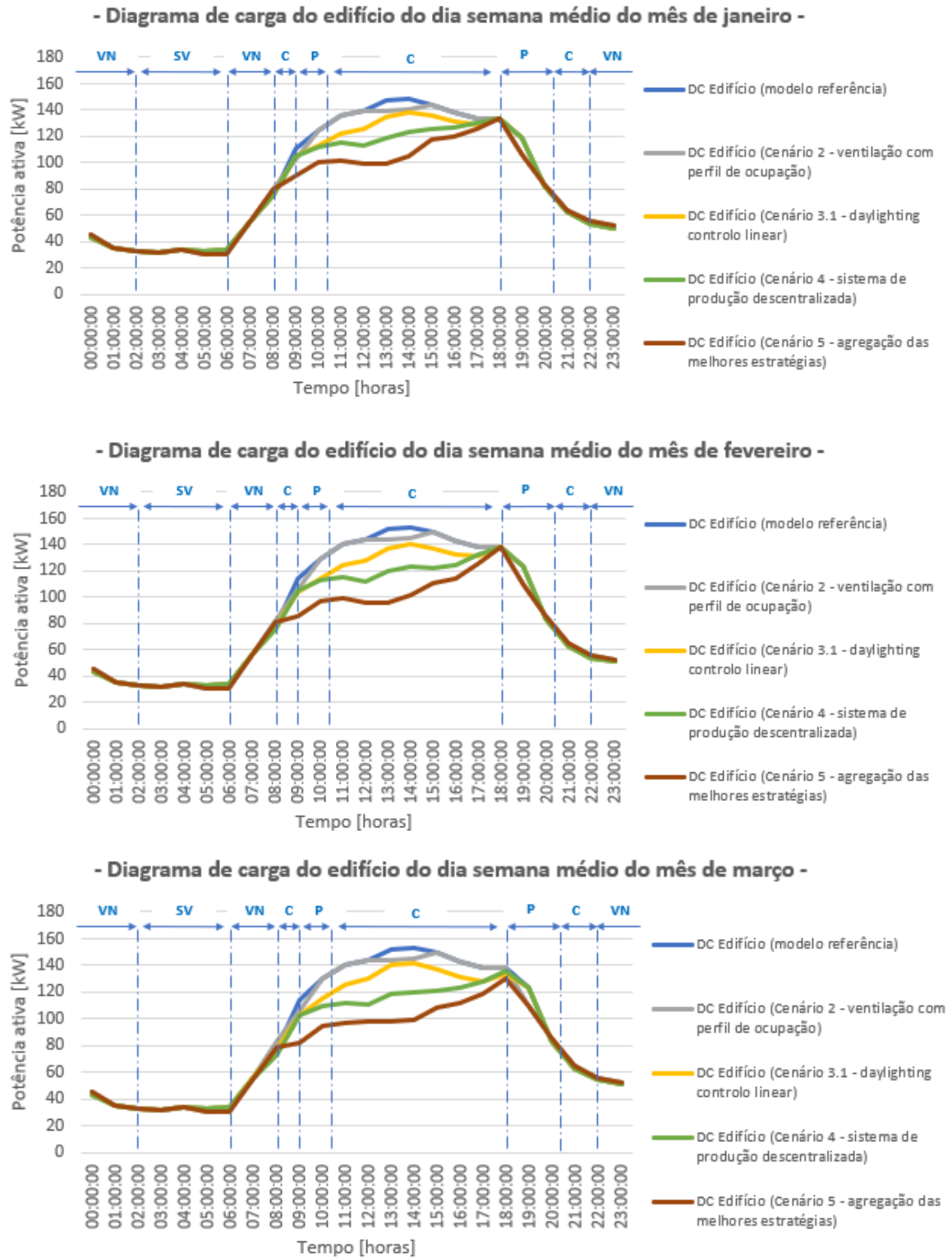
	PV (kW)	WES5	Conv. (kW)	Grid (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.
<input checked="" type="checkbox"/>	90		60	162	\$ 134,430	82,354	\$ 1,187,190	0.135	0.20
<input checked="" type="checkbox"/>	90	5	60	162	\$ 169,495	80,330	\$ 1,196,384	0.136	0.24

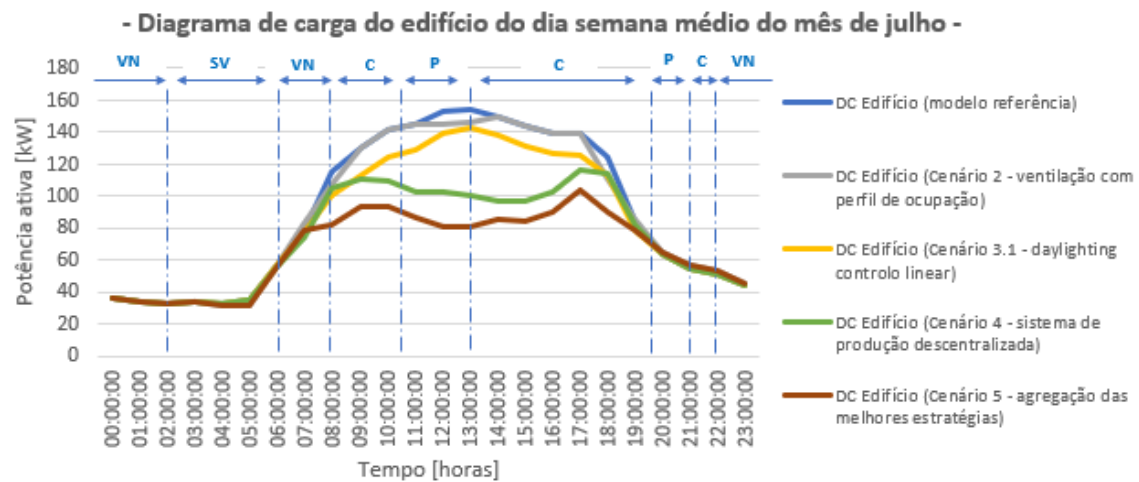
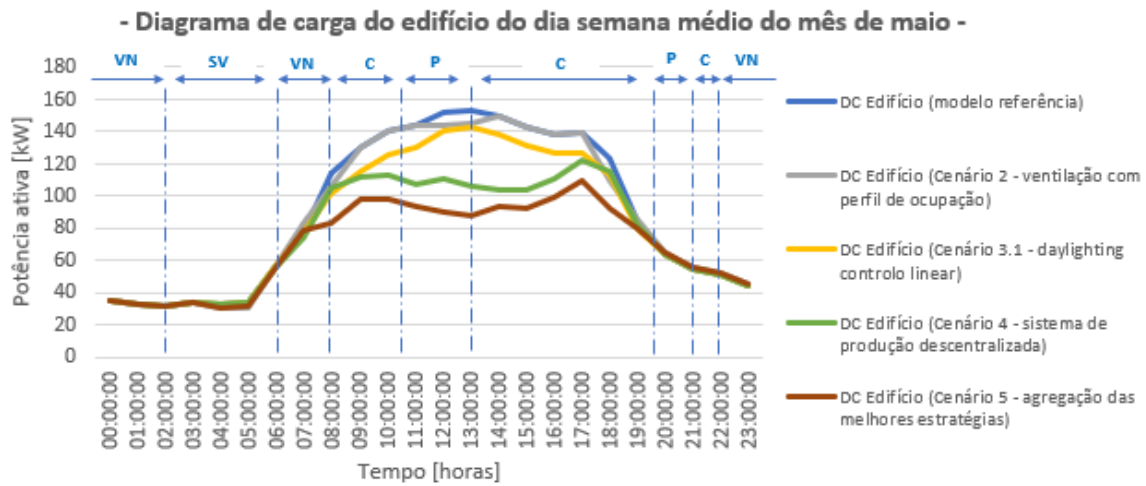
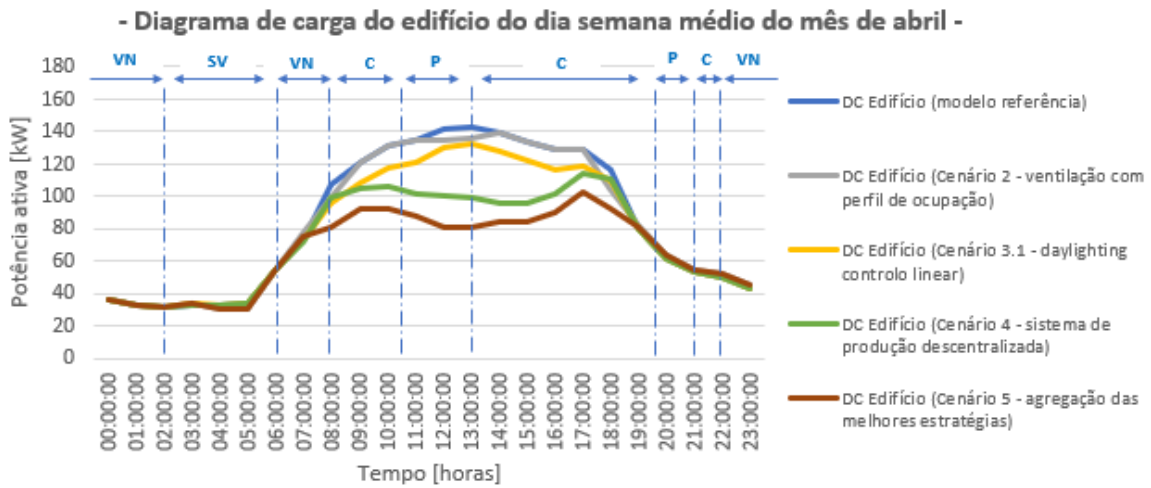
**Interligação de todos os equipamentos a considerar para o dimensionamento do sistema de produção descentralizada [21]**

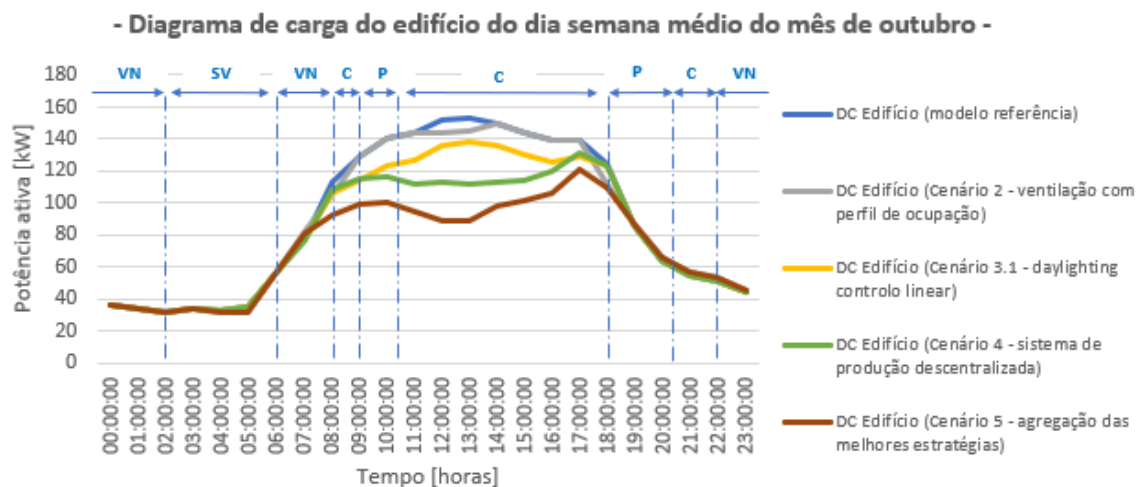
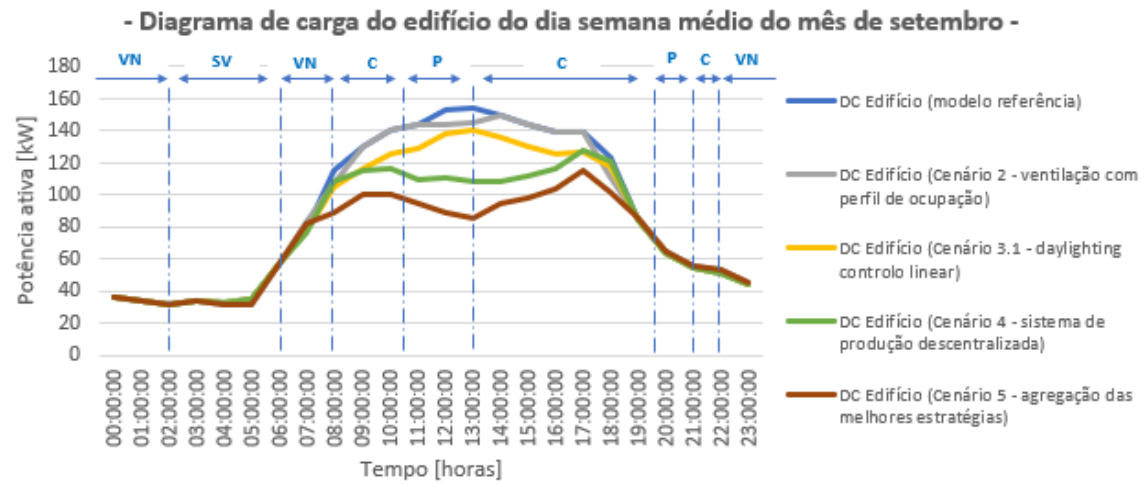
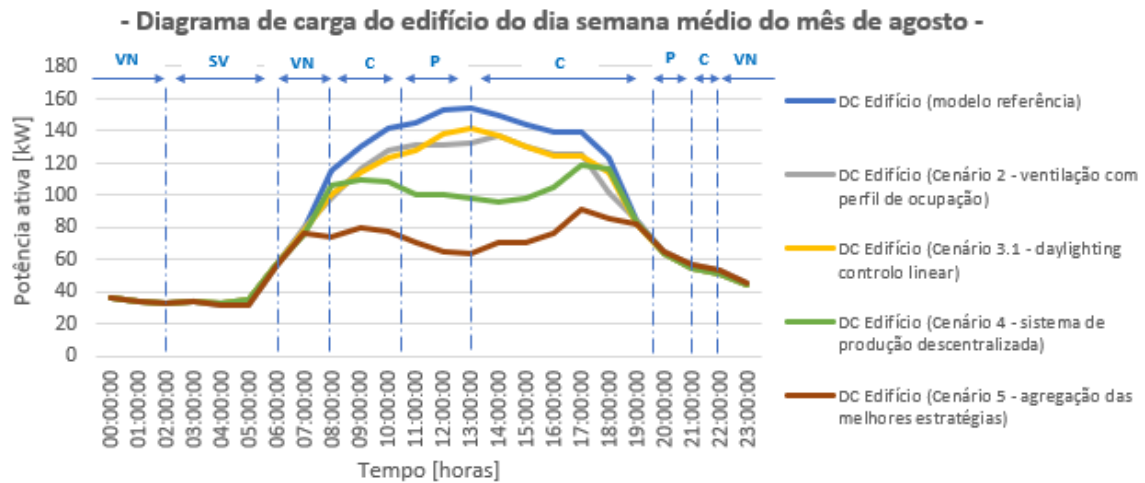
De todas as soluções ótimas apresentadas, a ligação à rede elétrica é um fator comum entre elas, mas a melhor solução passa pela instalação de um sistema de produção descentralizada, constituída por um sistema fotovoltaico com uma potência instalada de 90 kWp limitada a uma potência de 60 kW (limite dado pelos inversores que constituem o sistema fotovoltaico), tendo como apoio a rede elétrica nacional existente no local.

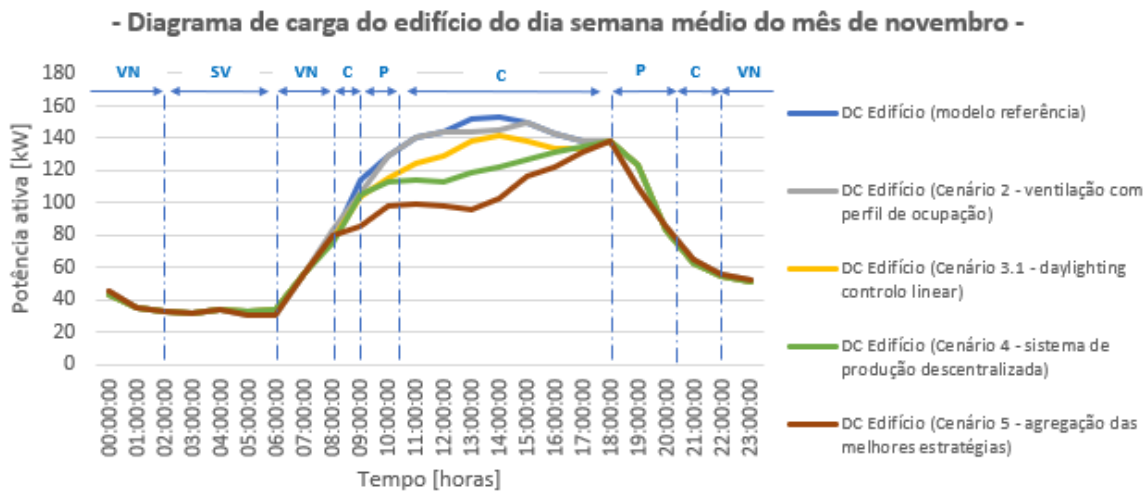
## Anexo F - Diagramas de carga mensais das estratégias consideradas

### Diagramas de carga relativos aos dias de semana

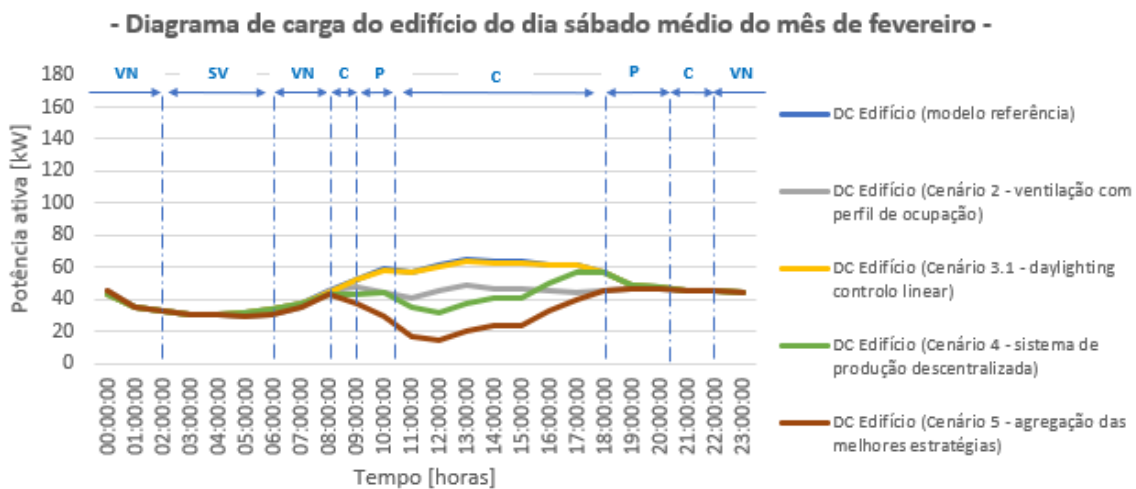
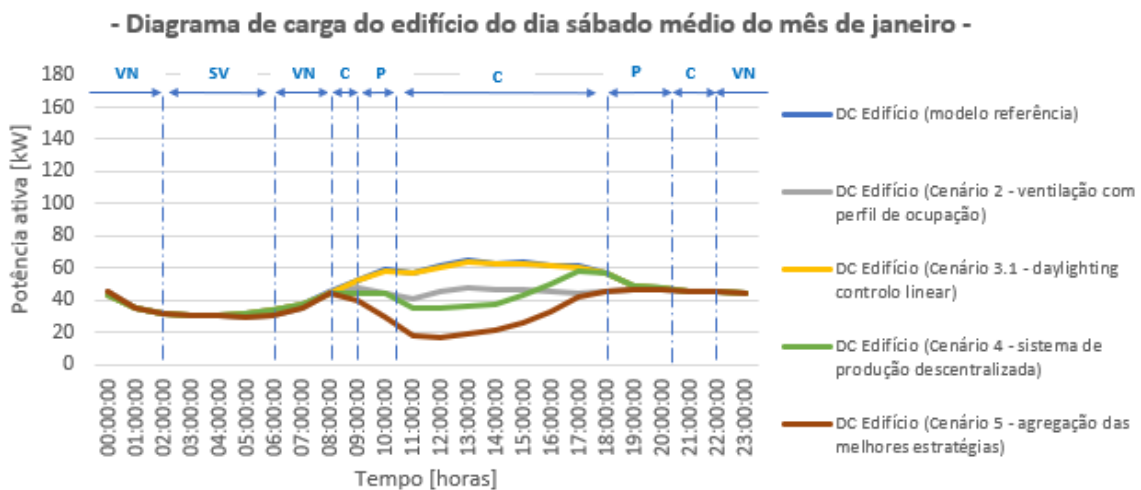




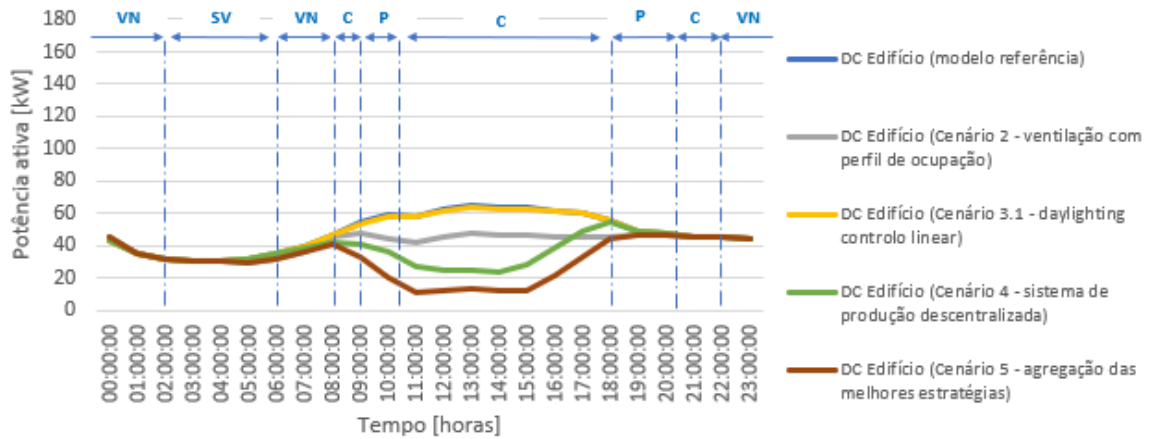




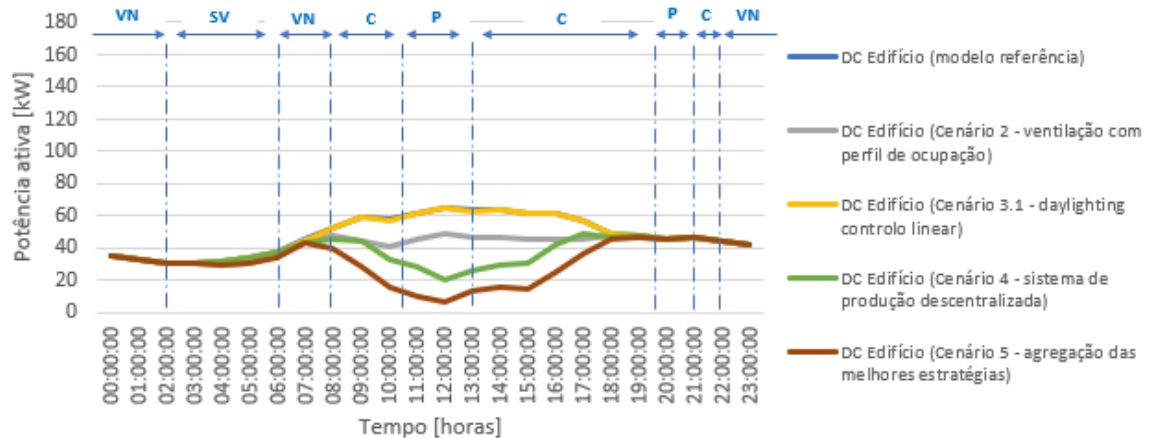
### Diagramas de carga relativos aos dias de sábado



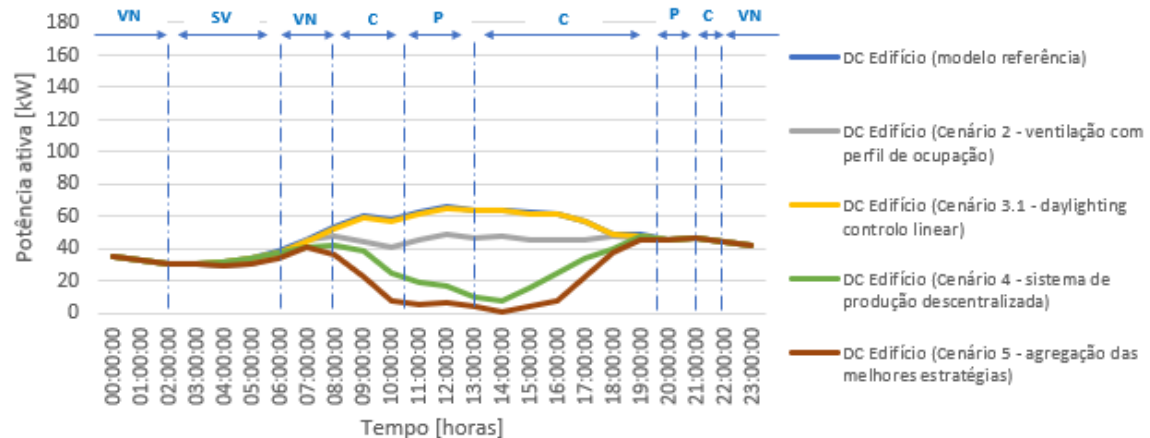
- Diagrama de carga do edifício do dia sábado médio do mês de março -

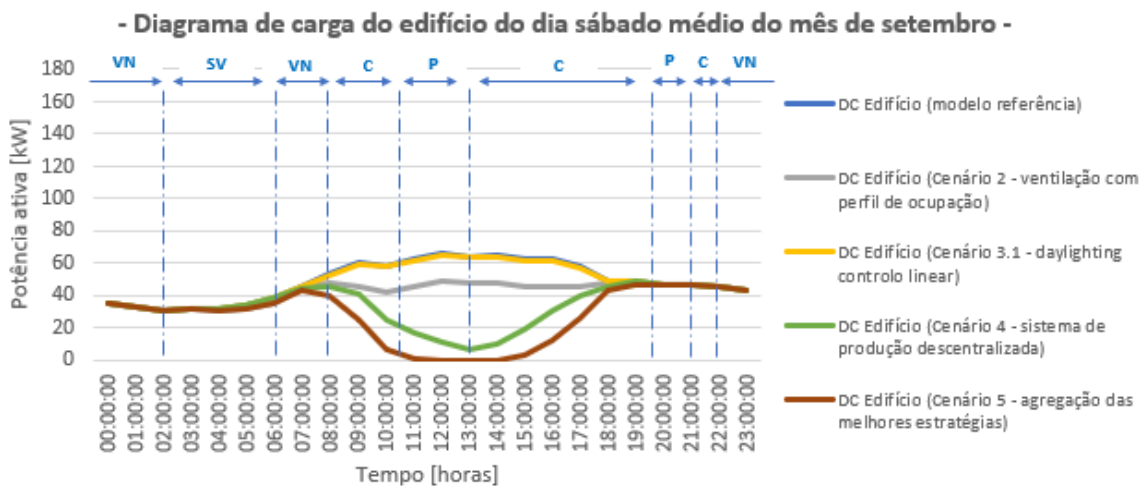
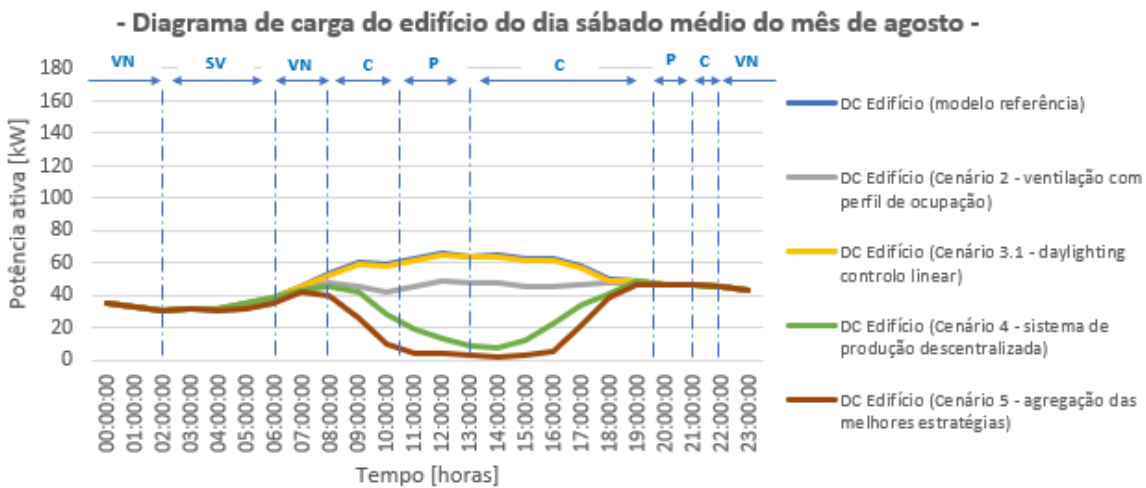
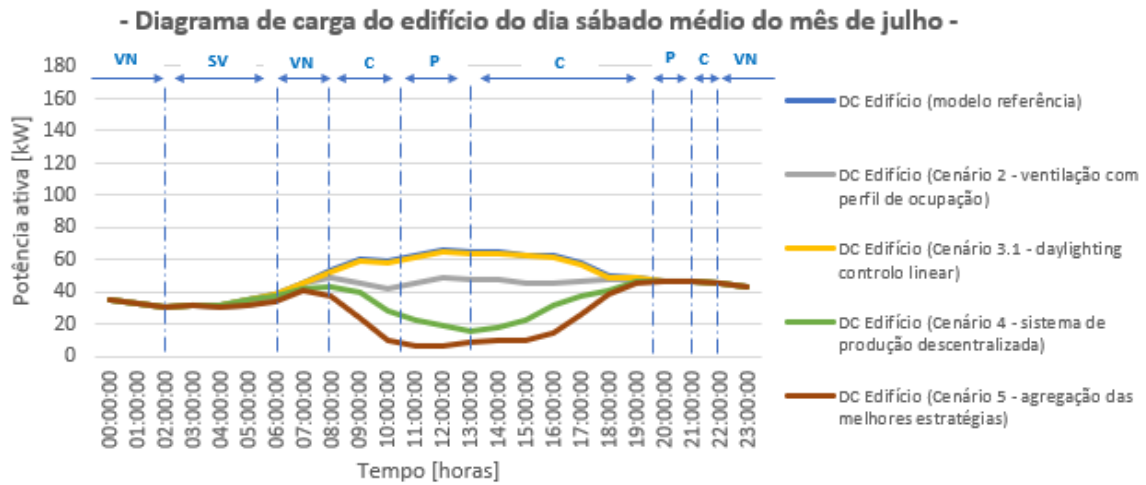


- Diagrama de carga do edifício do dia sábado médio do mês de abril -

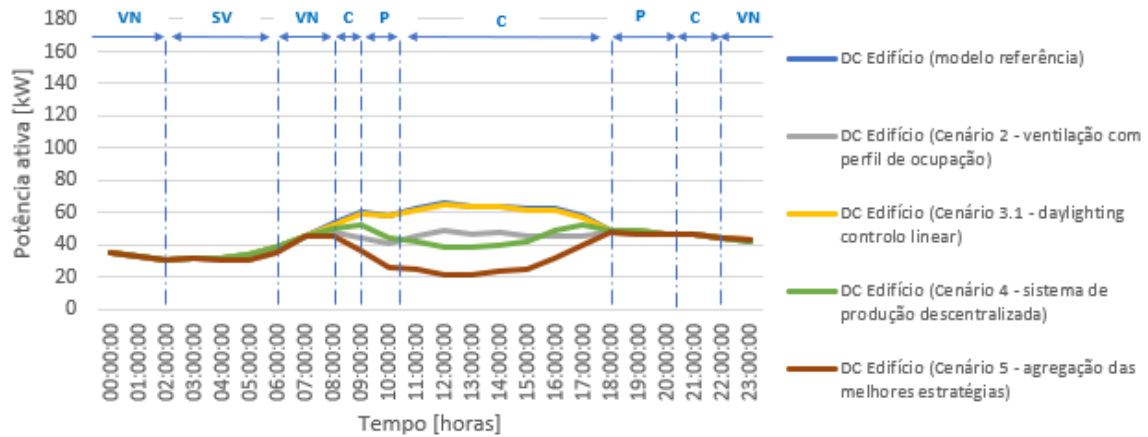


- Diagrama de carga do edifício do dia sábado médio do mês de maio -

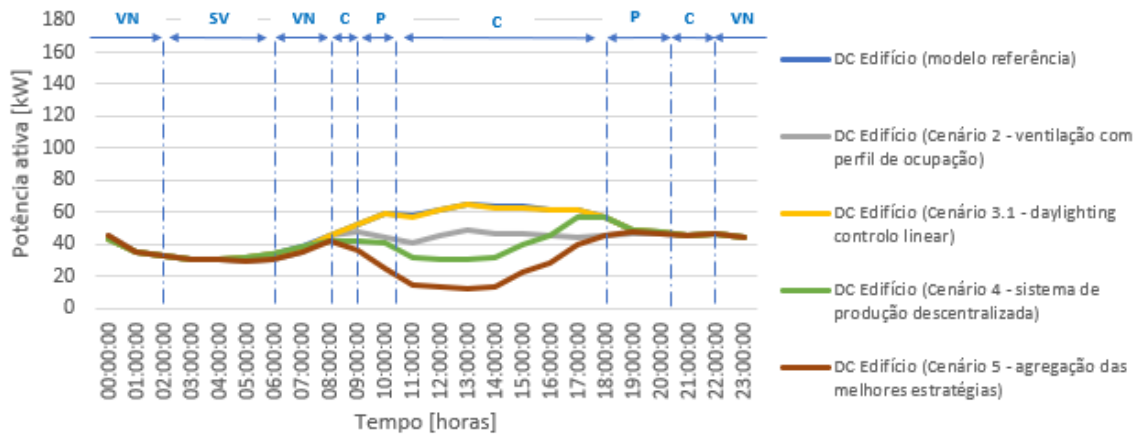




- Diagrama de carga do edifício do dia sábado médio do mês de outubro -

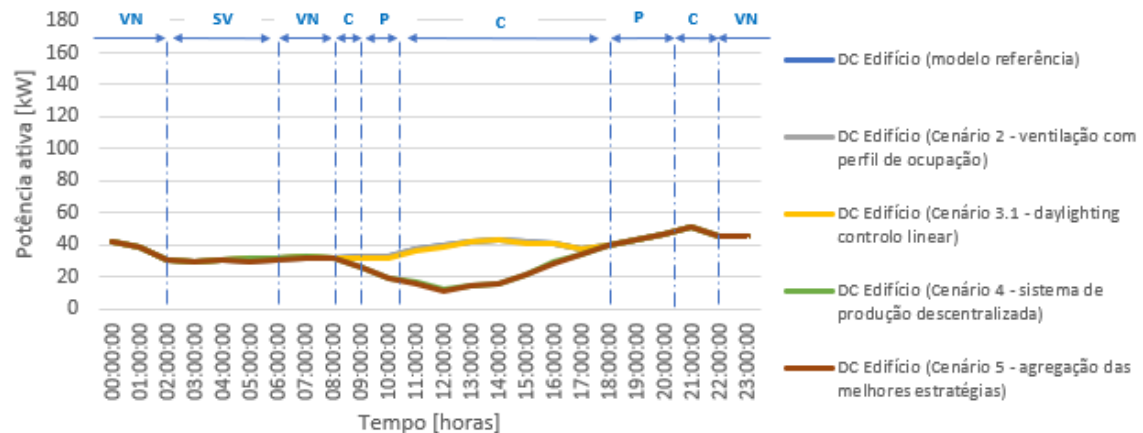


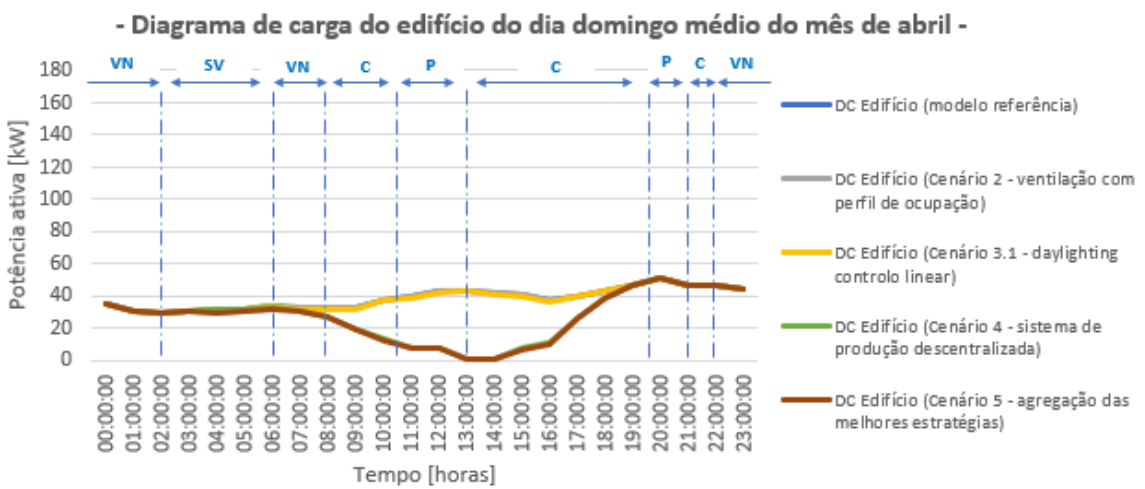
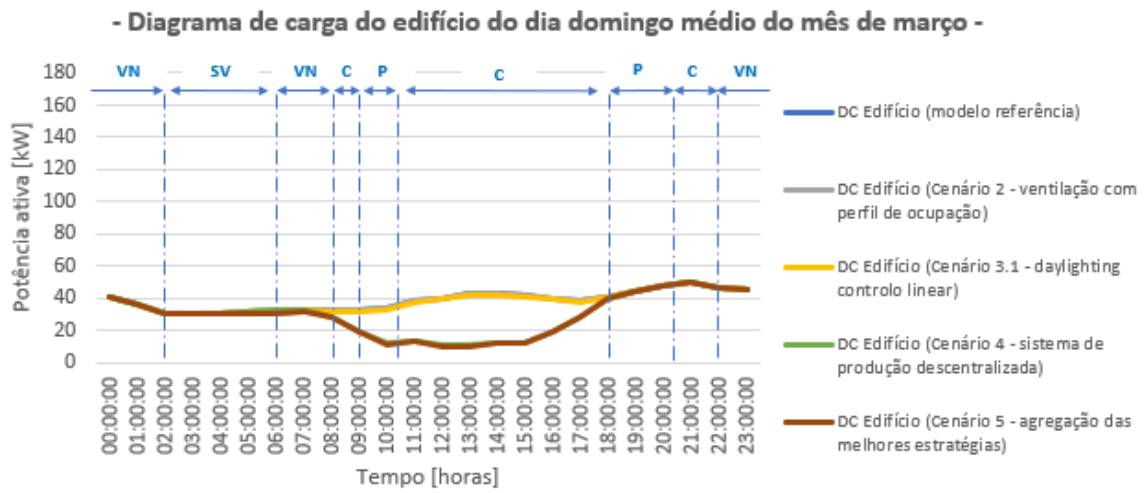
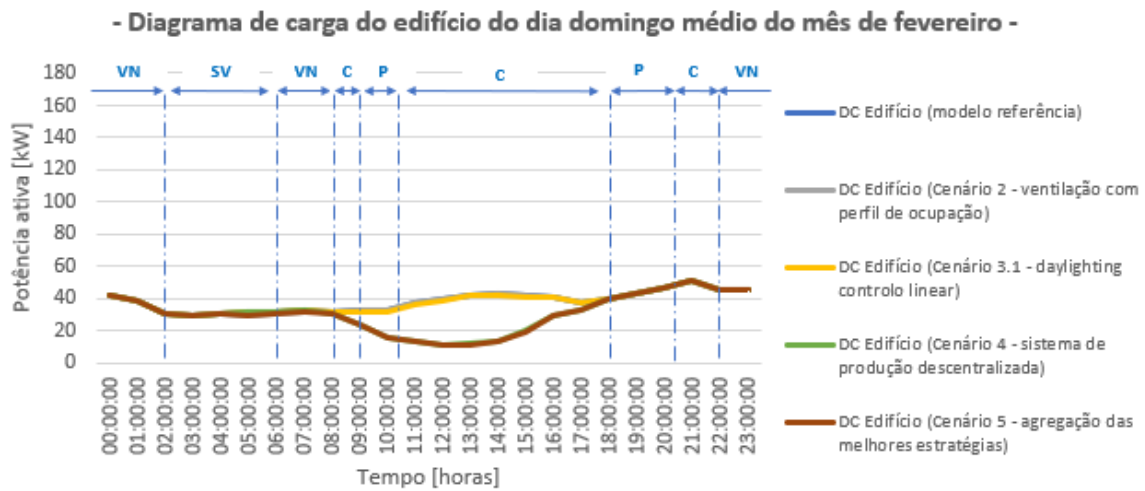
- Diagrama de carga do edifício do dia sábado médio do mês de novembro -



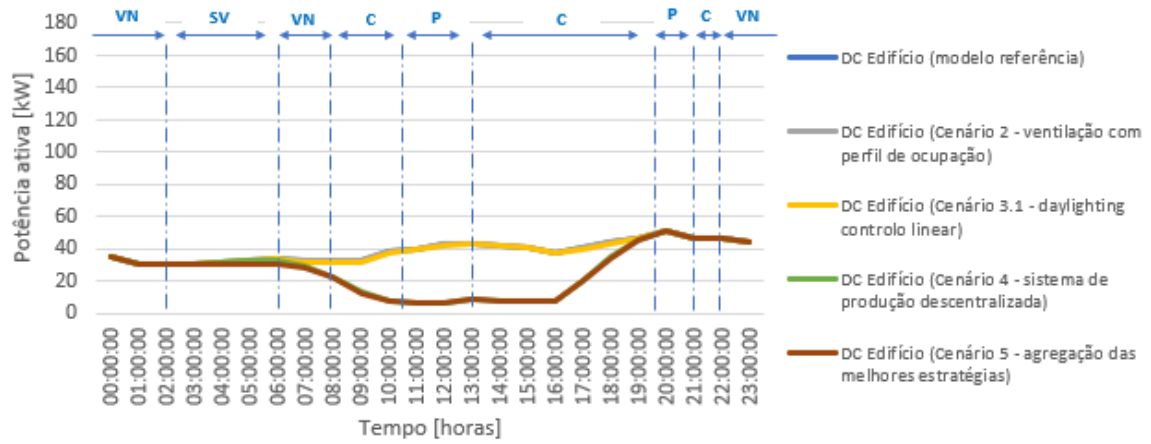
### Diagramas de carga relativos aos dias de domingo

- Diagrama de carga do edifício do dia domingo médio do mês de janeiro -

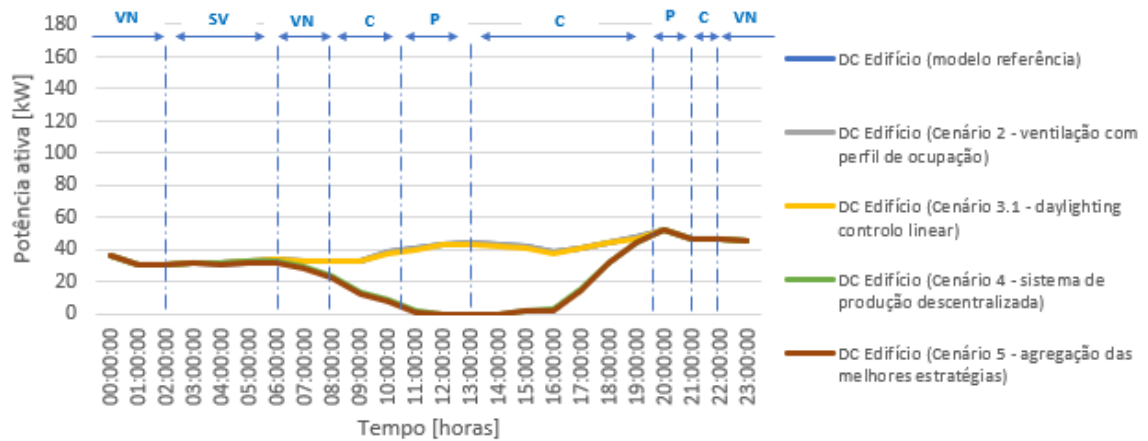




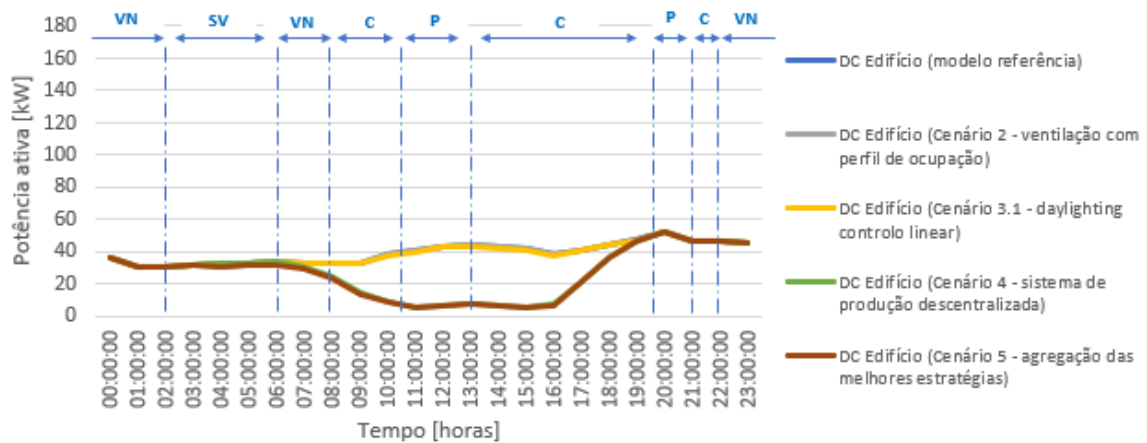
- Diagrama de carga do edifício do dia domingo médio do mês de maio -

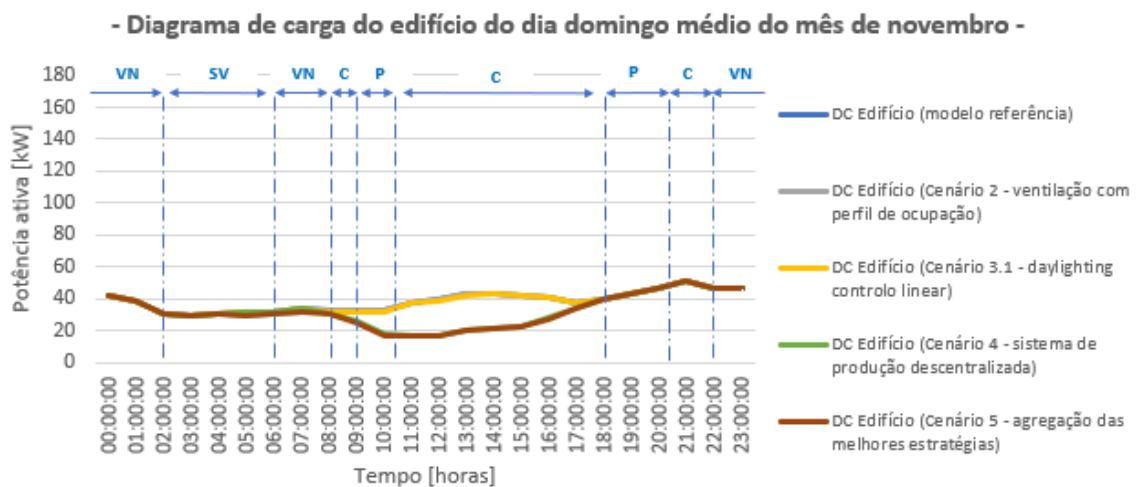
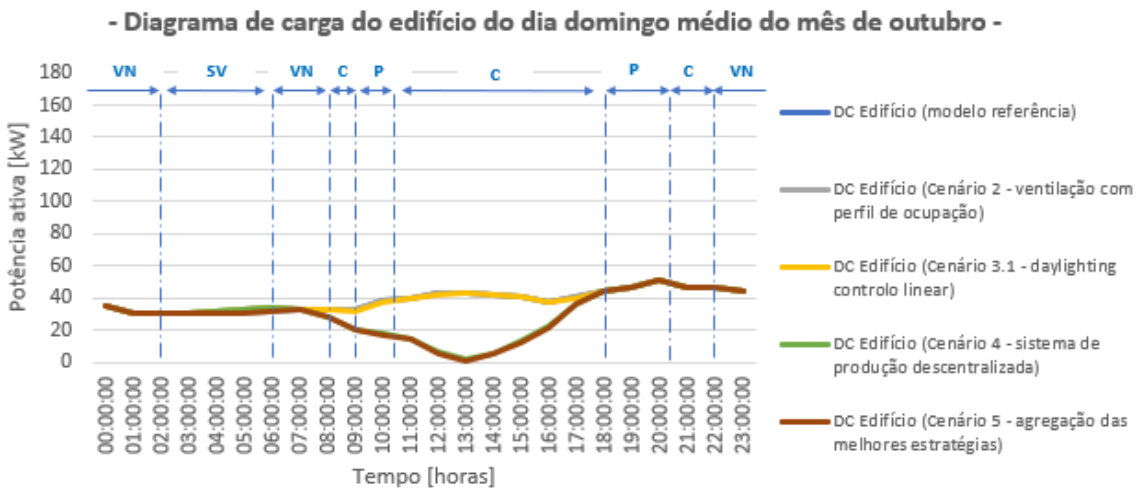
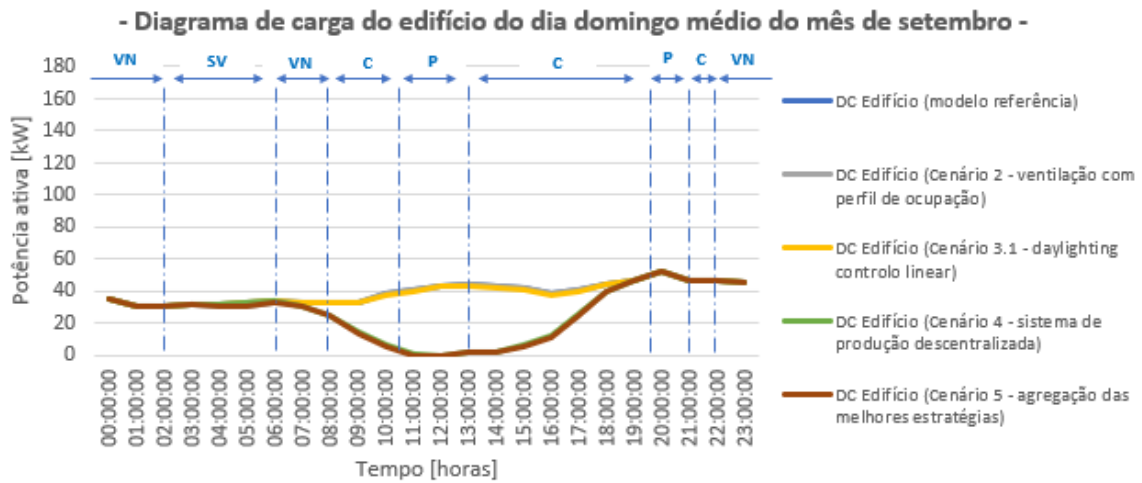


- Diagrama de carga do edifício do dia domingo médio do mês de julho -



- Diagrama de carga do edifício do dia domingo médio do mês de agosto -





*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*