

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



# **Indicadores de desempenho energético de edifícios da UP com base em sistemas de monitorização de energia**

**Tânia Sofia Regente Vilarinho**

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor Cláudio Domingos Martins Monteiro

15 de Fevereiro de 2017



# Resumo

Desde a descoberta dos combustíveis fósseis, e dos benefícios que estes poderiam trazer à nossa civilização, o nosso modo de vida tem estado alicerçado nestas fontes. No entanto, o aumento exponencial desta exploração acompanhou, juntamente com a evolução da ciência, uma noção de que estes recursos não são inesgotáveis, além das notáveis consequências negativas para a Natureza. Assim, juntamente com a crescente procura energética associada à evolução das sociedades, surge a necessidade de otimizar tanto quanto possível o consumo energético, independentemente da sua fonte.

Desta forma, entre outras soluções, a temática da eficiência energética tem vindo a adquirir uma importância crescente, focando-se em otimizar consumos e em evitar o desperdício energético. É então neste contexto de melhoria da eficiência energética, mais especificamente na administração pública, que surgiu esta dissertação. Que, por sua vez, visa contribuir para facilitar uma gestão energética global da Universidade do Porto (UP).

No entanto, devido às limitações de acesso de dados, a sua aplicação foca-se apenas no caso de algumas Unidades Orgânicas da UP, sendo que para a realização da dissertação, foi autorizado o acesso aos dados relativo às seguintes: Faculdade de Desporto, Faculdade de Arquitetura, Faculdade de Belas Artes, Faculdade de Direito, Faculdade de Letras, Faculdade de Medicina Dentária e Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação. Perfazendo assim um total de sete faculdades da Universidade do Porto a ser alvo de estudo na presente dissertação.

Assim, a presente dissertação focou-se então em criar uma ferramenta de análise que permita facilitar a gestão energética para os vários edifícios da UP, para o caso das UO mencionadas. Deste modo, para se analisar o desempenho energético foi necessário analisar previamente o consumo energético e desenvolver metodologias para obter os valores de referência. Assim sendo, primeiro foi feita uma análise global dos consumos das UO, passando posteriormente para uma análise específica a cada quadro elétrico dos vários edifícios, focada nos mais relevantes. Onde foram definidos os padrões de consumo e também apresentados os indicadores de desempenho energético. Desta forma, foi possível uma análise de resultados e tirar conclusões sobre o desempenho energético relativos a algumas UO constituintes da UP.

Finalmente, é de referir que os dados a serem analisados na presente dissertação foram fornecidos pela plataforma Kisense da empresa Virtual Power Solutions.



# Abstract

Ever since fossil fuel discovery, and of the benefits they could bring to our civilization, our way of life has been severely dependable on these sources. However, the exponential growth of their exploration was followed, along with science evolution, by a notion that these resources are not inexhaustible, aside from the detrimental environmental consequences. Along with the exponential growth in energetic demand associated to the evolution of our civilization, a need for optimizing energetic resources' consumption takes place.

Hence, among other possible solutions, energetic efficiency has become a topic of great importance, focusing on the optimization of resources and minimizing their waste. In this context, more specifically related to public administration, gave place to the origin of this work. It aims to create some tools for simplifying energetic management in the University of Porto (UP).

However, due to some limitations regarding the access of required data, its application will be limited to some faculties, namely: Faculty of Sports, Faculty of Architecture, Faculty of Arts, Faculty of Law, Faculty of Letters, Faculty of Dental Medicine and the Faculty of Psychology and Educational Sciences, making a total of 7 institution that will be targeted for the present study.

This dissertation's focus is mainly to develop an analysis tool for simplifying the energetic management of several buildings belonging to the University of Porto, specifically for the aforementioned faculties. In this manner, for proper analysis of the building's energetic performance, analysis of their consumption patterns as well as developing proper analysis methodologies is required beforehand, in order to obtain reliable reference values. First off, a global analysis of the buildings energetic performance will be done, followed by the analysis of specific electrical boards (focused in the most relevant ones). This analysis will establish consumption patterns, as well as indicators of the buildings' energetic performance, making it possible to obtain a proper analysis for the several faculties and conclude about their overall performance.

Finally, the data to be analyzed in the present work was provided by the Kisense platform of the Virtual Power Solutions company.



# Agradecimentos

Primeiramente não posso deixar de agradecer ao Professor Doutor Cláudio Monteiro por toda a sua ajuda e orientação ao longo deste semestre.

Um obrigada também ao Engenheiro Carlos Queirós pela sua disponibilidade.

A todos os meus amigos que estiveram sempre do meu lado, nos bons e nos maus momentos.

Um muito obrigada a toda a minha família, enorme em quantidade e qualidade. Avô e avó, obrigado por isso.

João, um obrigada muito especial por tudo.

Sempre o mais importante, um muito obrigada à minha mãe. O que sou hoje devo-o na totalidade a ti.

Tânia Sofia Regente Vilarinho



*“Try to leave this world a little better than you found it and,  
when your turn comes to die, you can die happy  
in feeling that at any rate you have not wasted your time but have done your best.”*

Robert Baden-Powell



# Conteúdo

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Contextualização . . . . .	1
1.2	Motivação . . . . .	2
1.3	Objetivos . . . . .	3
1.4	Estrutura da dissertação . . . . .	3
1.5	Informação e ferramentas utilizadas . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Estado da arte</b>	<b>5</b>
2.1	A dependência energética de Portugal . . . . .	5
2.1.1	O consumo energético em Portugal . . . . .	6
2.1.2	Consumo energético em edifícios . . . . .	10
2.1.3	Indicadores energéticos . . . . .	12
2.2	A eficiência energética . . . . .	14
2.2.1	A eficiência e as políticas energéticas . . . . .	14
2.3	Gestão da energia . . . . .	21
2.3.1	Normas . . . . .	21
2.3.2	Sistemas de gestão de energia (SGE) . . . . .	22
2.3.3	VPS - <i>Kisense</i> . . . . .	24
<b>3</b>	<b>Análise da Informação</b>	<b>27</b>
3.1	A Universidade do Porto em números . . . . .	27
3.1.1	As UO em análise em números . . . . .	29
3.2	Caracterização de dados . . . . .	33
3.2.1	Dificuldades inerentes aos dados . . . . .	40
<b>4</b>	<b>Metodologia de tratamento de dados</b>	<b>43</b>
4.1	Abordagem . . . . .	43
4.1.1	Pré-processamento dos dados . . . . .	45
4.1.2	Estipulação da condição de funcionamento . . . . .	46
4.1.3	Tratamento base dos dados . . . . .	47
4.1.4	Consumo médio de cada UO . . . . .	49
4.1.5	Consumo diário médio por pessoa em cada UO . . . . .	51
4.1.6	Definição do padrão de consumo de cada quadro elétrico . . . . .	52
4.1.7	Comparação do consumo médio entre quadros elétricos em cada UO . . . . .	55
4.1.8	Verificação do desempenho energético de cada quadro elétrico . . . . .	56

<b>5</b>	<b>Análise de Resultados</b>	<b>59</b>
5.1	Consumo médio global	60
5.1.1	FADEUP	60
5.1.2	FAUP	62
5.1.3	FBAUP	64
5.1.4	FDUP	66
5.1.5	FLUP	68
5.1.6	FMDUP	70
5.1.7	FPCEUP	72
5.1.8	Comparação entre o consumo médio das várias UO	74
5.2	Consumo médio diário por utilizador nas várias UO	76
5.3	Análise do padrão de consumo e desempenho energético de cada UO	77
5.3.1	FADEUP	78
5.3.2	FAUP	82
5.3.3	FBAUP	86
5.3.4	FDUP	90
5.3.5	FLUP	94
5.3.6	FMDUP	98
5.3.7	FPCEUP	102
<b>6</b>	<b>Conclusões</b>	<b>107</b>
6.1	Considerações iniciais	107
6.2	Considerações relativas à análise dos consumos globais	108
6.2.1	Análises comparativas	108
6.3	Considerações relativas à análise dos padrões de consumo e desempenho energético dos vários quadros	109
6.3.1	Conclusões comparativas entre as UO	110
6.4	Considerações finais	110
<b>A</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>111</b>
A.1	FADEUP	111
A.1.1	Padrão de consumo	111
A.1.2	Desempenho energético	113
A.2	FAUP	114
A.2.1	Padrão de consumo	114
A.2.2	Desempenho energético	115
A.3	FBAUP	117
A.3.1	Padrão de consumo	117
A.3.2	Desempenho energético	118
A.4	FDUP	120
A.4.1	Padrão de consumo	120
A.4.2	Desempenho energético	121
A.5	FLUP	123
A.5.1	Padrão de consumo	123
A.5.2	Desempenho energético	124
A.6	FMDUP	126
A.6.1	Padrão de consumo	126
A.6.2	Desempenho energético	127
A.7	FPCEUP	129

*CONTEÚDO*

xi

A.7.1	Padrão de consumo . . . . .	129
A.7.2	Desempenho energético . . . . .	130

<b>Referências</b>		<b>133</b>
--------------------	--	------------



# Lista de Figuras

2.1	Dependência energética de Portugal [1]	5
2.2	Estrutura do consumo final de energia em Portugal	6
2.3	Estrutura do consumo final de energia no setor industrial em Portugal (por fonte)	7
2.4	Estrutura do consumo final de energia no setor dos transportes em Portugal (por fonte)	7
2.5	Estrutura do consumo final de energia no setor doméstico e no comercial em Portugal (por fonte)	8
2.6	Consumo de energia elétrica por setor	8
2.7	Evolução do consumo de energia elétrica em Portugal [2]	9
2.8	Intensidade Energética da Economia em Energia Primária na UE-28	10
2.9	Distribuição do consumo energia elétrica no setor dos serviços [3]	11
2.10	Eficiência Energética nos Edifícios Públicos	17
2.11	Plano nacional de eficiência energética no Estado	17
2.12	Sistema de funcionamento da ferramenta de monitorização <i>kisense</i> [4].	25
2.13	Módulos disponíveis no <i>kisense</i> [5].	26
3.1	Estrutura organizacional da UP	27
3.2	Localização geográfica dos diferentes polos da UP	28
3.3	FADEUP	30
3.4	FAUP	30
3.5	FBAUP	31
3.6	FDUP	31
3.7	FLUP	32
3.8	FMDUP	32
3.9	FPCEUP	33
4.1	Diagrama da metodologia	44
4.2	Exemplo dos dados iniciais de um quadro elétrico da FAUP (FAUP1 - QEAC 1)	45
4.3	Exemplo dos dados filtrados de um quadro elétrico da FAUP (FAUP1 - QEAC 1)	45
4.4	Exemplo dos dados considerados irrelevantes de um quadro elétrico da FBAUP (FBAUP3 - Q. cave)	46
4.5	Exemplo dos dados de consumo de um quadro elétrico da FLUP e condição de funcionamento	47
4.6	Exemplo do consumo médio por dia no caso da FAUP	49
4.7	Exemplo do consumo médio por mês no caso da FAUP	50
4.8	Exemplo de comparação da média do consumo por dia entre as várias UO	51
4.9	Exemplo da gama de valores possíveis para a análise do quantil de 0.9	52
4.10	Exemplo do perfil diário com funcionamento relativo ao quadro FLUP1 - QGC	54

4.11	Exemplo do perfil mensal com funcionamento relativo ao quadro FLUP1 - QGC .	54
4.12	Exemplo da comparação do consumo médio entre quadros relativos à FMDUP (no caso "com funcionamento") . . . . .	55
4.13	Exemplo do desempenho energético relativo ao quadro FDUP -Entrada QG . . . . .	57
5.1	Consumo médio diário da FADEUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	61
5.2	Consumo médio mensal da FADEUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	62
5.3	Consumo médio diário da FAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	63
5.4	Consumo médio mensal da FAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	64
5.5	Consumo médio diário da FBAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	65
5.6	Consumo médio mensal da FBAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	66
5.7	Consumo médio diário da FDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	67
5.8	Consumo médio mensal da FDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	68
5.9	Consumo médio diário da FLUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	69
5.10	Consumo médio mensal da FLUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	70
5.11	Consumo médio diário da FMDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	71
5.12	Consumo médio mensal da FMDUP : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	72
5.13	Consumo médio diário da FPCEUP : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	73
5.14	Consumo médio mensal da FPCEUP : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	74
5.15	Comparação do consumo médio diário : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	75
5.16	Comparação do consumo médio mensal : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	76
5.17	Consumo diário médio por utilizador em cada UO para a condição "com funcionamento" . . . . .	77
5.18	Comparação do consumo médio dos quadros da FADEUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	78
5.19	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FADEUP - QG1 N: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	79
5.20	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FADEUP - QG1 N: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	80
5.21	Desempenho energético relativo ao quadro FADEUP - QG1 N . . . . .	81
5.22	Comparação do consumo médio dos quadros da FAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	82
5.23	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FAUP4 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	83
5.24	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FAUP4 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	84
5.25	Desempenho energético relativo ao quadro FAUP4 - Geral . . . . .	85
5.26	Comparação do consumo médio dos quadros da FBAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	86
5.27	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FBAUP1 - QGBT1: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	87

5.28	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FBAUP1 - QGBT1: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	88
5.29	Desempenho energético relativo ao quadro FBAUP1 - QGBT1 . . . . .	89
5.30	Comparação do consumo médio dos quadros da FDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	90
5.31	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FDUP - Q.Bib: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	91
5.32	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FDUP - Q.Bib: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	92
5.33	Desempenho energético relativo ao quadro FDUP - Entrada QG . . . . .	93
5.34	Comparação do consumo médio dos quadros da FLUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	94
5.35	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FLUP1 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	95
5.36	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FLUP1 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	96
5.37	Desempenho energético relativo ao quadro FLUP1 - Geral . . . . .	97
5.38	Comparação do consumo médio dos quadros da FMDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	98
5.39	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FMDUP1 - CG: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	99
5.40	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FMDUP1 - CG: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	100
5.41	Desempenho energético relativo ao quadro FMDUP1 - CG . . . . .	101
5.42	Comparação do consumo médio dos quadros da FPCEUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	102
5.43	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FPCEUP1 - QGBTN: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	103
5.44	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FPCEUP1 - QGBTN: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	104
5.45	Desempenho energético relativo ao quadro FPCEUP1 - QGBTN . . . . .	105
A.1	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FADEUP - QC11: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	111
A.2	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FADEUP - QC07 (chiller): (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	112
A.3	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FADEUP - QC11: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	112
A.4	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FADEUP - QC07 (chiller): (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	112
A.5	Desempenho energético relativo ao quadro FADEUP -QC11 . . . . .	113
A.6	Desempenho energético relativo ao quadro FADEUP - QC07(chiller) . . . . .	113
A.7	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FAUP1 - QGH: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	114
A.8	Padrão de consumo diário relativo ao quadro FAUP3 - Geral Emergencia: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	114
A.9	Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FAUP1 - QGH: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	115

A.10 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FAUP3 - Geral Emergencia: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	115
A.11 Desempenho energético relativo ao quadro FAUP1 - QGH . . . . .	115
A.12 Desempenho energético relativo ao quadro FAUP3 - Geral Emergencia . . . . .	116
A.13 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FBAUP2 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	117
A.14 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FBAUP2 - Q.Cozinha: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	117
A.15 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FBAUP2 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	118
A.16 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FBAUP2 - Q.Cozinha: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	118
A.17 Desempenho energético relativo ao quadro FBAUP2 - Geral . . . . .	118
A.18 Desempenho energético relativo ao quadro FBAUP2 - Q.Cozinha . . . . .	119
A.19 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FDUP - Q.E.AVAC(QUIM): (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	120
A.20 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FDUP - Entrada QG: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	120
A.21 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FDUP - Q.E.AVAC(QUIM): (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	121
A.22 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FDUP - Entrada QG: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	121
A.23 Desempenho energético relativo ao quadro FDUP - Q.Bib . . . . .	121
A.24 Desempenho energético relativo ao quadro FDUP - Q.E.AVAC(QUIM) . . . . .	122
A.25 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FLUP1 - QGC: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	123
A.26 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FLUP3 - QG2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	123
A.27 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FLUP1 - QGC: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	124
A.28 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FLUP3 - QG2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	124
A.29 Desempenho energético relativo ao quadro FLUP1 - QGC . . . . .	124
A.30 Desempenho energético relativo ao quadro FLUP3 - QG2 . . . . .	125
A.31 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FMDUP2 - Compressor: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	126
A.32 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FMDUP2 - QIT2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	126
A.33 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FMDUP2 - Compressor: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	127
A.34 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FMDUP2 - QIT2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	127
A.35 Desempenho energético relativo ao quadro FMDUP2 - Compressor . . . . .	127
A.36 Desempenho energético relativo ao quadro FMDUP2 - QIT2 . . . . .	128
A.37 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FPCEUP1 - QP0: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	129
A.38 Padrão de consumo diário relativo ao quadro FPCEUP1 - QP2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	129

A.39 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FPCEUP1 - QP0: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	130
A.40 Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FPCEUP1 - QP2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento . . . . .	130
A.41 Desempenho energético relativo ao quadro FPCEUP1 - QP0 . . . . .	130
A.42 Desempenho energético relativo ao quadro FPCEUP1 - QP2 . . . . .	131



# Lista de Tabelas

2.1	Evolução do Consumo de Energia Elétrica (tep) [1] . . . . .	9
2.2	Evolução do tipo de consumo de energia elétrica por tipo de consumo . . . . .	12
3.1	Número de utilizadores da FADEUP . . . . .	30
3.2	Número de utilizadores da FAUP . . . . .	30
3.3	Número de utilizadores da FBAUP . . . . .	31
3.4	Número de utilizadores da FDUP . . . . .	31
3.5	Número de utilizadores da FLUP . . . . .	32
3.6	Número de utilizadores da FMDUP . . . . .	32
3.7	Número de utilizadores da FPCEUP . . . . .	33
3.8	Quadros elétricos da FADEUP . . . . .	34
3.9	Quadros elétricos da FAUP - Edifício 1 . . . . .	35
3.10	Quadros elétricos da FAUP - Edifício 2 . . . . .	35
3.11	Quadros elétricos da FAUP - Edifício 3 . . . . .	35
3.12	Quadros elétricos da FAUP - Edifício 4 . . . . .	36
3.13	Quadros elétricos da FBAUP - Edifício 1 . . . . .	36
3.14	Quadros elétricos da FBAUP - Edifício 2 . . . . .	36
3.15	Quadros elétricos da FBAUP - Edifício 3 . . . . .	37
3.16	Quadros elétricos da FDUP . . . . .	37
3.17	Quadros elétricos da FLUP - Edifício 1 . . . . .	37
3.18	Quadros elétricos da FLUP - Edifício 2 . . . . .	38
3.19	Quadros elétricos da FLUP - Edifício 3 . . . . .	38
3.20	Quadros elétricos da FMDUP - Edifício 1 . . . . .	38
3.21	Quadros elétricos da FMDUP - Edifício 2 . . . . .	39
3.22	Quadros elétricos da FMDUP - Edifício 3 . . . . .	39
3.23	Quadros elétricos da FMDUP - Edifício 4 . . . . .	39
3.24	Quadros elétricos da FPCEUP- Edifício 1 . . . . .	40
3.25	Quadros elétricos da FPCEUP - Edifício 2 . . . . .	40
4.1	Quadros alvo de análise . . . . .	46
4.2	Exemplo da análise diária relativa ao quadro FMDUP2 - Q2 E . . . . .	48
4.3	Exemplo da análise mensal relativa ao quadro FMDUP2 - Q2 E . . . . .	48
4.4	Exemplo da análise diária relativa ao quadro FLUP2 - UPS . . . . .	53
4.5	Exemplo da análise mensal relativa ao quadro FLUP2 - UPS . . . . .	53
4.6	Exemplo de valores médios do quantil por mês (em cada ano) relativo ao quadro FDUP -Entrada QG . . . . .	56
6.1	Comparação do desempenho energético entre as UO . . . . .	110



# Abreviaturas e Símbolos

## Lista de abreviaturas

ADENE	Agência para a Energia
APDC	Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações
AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
CDUP-UP	Centro Desporto da Universidade do Porto
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
ECO.AP	Programa de Eficiência Energética na Administração Pública
ENE 2020	Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020
<i>EPBD</i>	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
ESE	Empresas de serviços energéticos
FADEUP	Faculdade de Desporto da Universidade do Porto
FAUP	Faculdade de Arquitetura da Universidade do Porto
FBAUP	Faculdade de Belas Artes da Universidade do Porto
FCNAUP	Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação da Universidade do Porto
FCUP	Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
FDUP	Faculdade de Direito da Universidade do Porto
FEP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FEUP	Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
FFUP	Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto
FLUP	Faculdade de Letras da Universidade do Porto
FMDUP	Faculdade de Medicina Dentária da Universidade do Porto
FMUP	Faculdade de Medicina da Universidade do Porto
FPCEUP	Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação da Universidade do Porto
ICBAS	Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar
IP	Iluminação Pública
IPQ	Instituto Português da Qualidade
ISO	International Organization for Standardization
<i>NZEB</i>	<i>Nearly Zero Energy Buildings</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PNAC	Programa Nacional para as Alterações climáticas
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
SASUP	Serviços de Ação Social da Universidade do Porto
SCE	Sistema Certificação Energética dos Edifícios

SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
SGE	Sistema de Gestão de Energia
SPUP	Serviços Partilhados da Universidade do Porto
UE	União Europeia
UO	Unidade Ogânica
UP	Universidade do Porto
URE	Utilização Racional da Energia
VPS	<i>Virtual Power Solutions</i>

## Lista de símbolos

tep	Toneladas equivalentes de petróleo
GWh	<i>gigaWatt</i> -hora
TWh	<i>teraWatt</i> -hora
kWh	<i>kiloWatt</i> -hora
$\sigma$	Desvio padrão
E(x)	Valor Esperado

# Capítulo 1

## Introdução

O capítulo atual apresenta uma visão global do trabalho desenvolvido. Primeiramente é feita uma exposição do tema que permite a sua contextualização. É então explicada a motivação que deu origem à dissertação, assim como descritos os seus objetivos e, por último, é apresentada a sua estrutura.

### 1.1 Contextualização

O acesso à energia é fundamental para o desenvolvimento das sociedades. Assim, é interessante ver que a palavra inglesa “*power*” permite estabelecer uma analogia entre energia e poder. Na realidade, desde o início do desenvolvimento da nossa civilização, energia traduz-se em poder. Por outro lado, uma tão grande dependência energética revela também o paradoxo da fraqueza da nossa civilização. Assim, é precisamente neste contexto, fraqueza *versus* poder, que se coloca o paradigma da eficiência energética [6].

Podemos então traduzir a eficiência energética numa utilização mais racional e económica da energia, sem prejudicar a qualidade de vida, e focando-se em evitar o desperdício. Desta forma, para atingir bons níveis de eficiência energética é necessário alterar alguns comportamentos e utilizar equipamentos de consumo reduzido. Assim, além de uma poupança na fatura de energia, há também um menor impacto ambiental [7].

Hodiernamente, devido aos recursos energéticos disponíveis conseguimos manter o estilo de vida e padrões de consumo requeridos. No entanto, se já é necessário aumentar a eficiência no modelo atual energético, o cenário piora quando se fala em previsões. Cada vez consumimos mais energia e, a este ritmo, em trinta e cinco anos vai-se duplicar o consumo mundial, chegando ao triplo em apenas cinquenta e cinco anos. Verificamos então que é necessário mudar o modelo energético atual, sendo que uma das soluções passa por aumentar a eficiência energética. Desta forma, estaremos a contribuir para a prevenção da extinção das energias não renováveis, e a reduzir os impactos sobre o meio ambiente. Assim, é fácil ver a importância de incluir este conceito na nossa sociedade.

Uma melhor eficiência energética está diretamente relacionada com o aumento da competitividade de um país, uma vez que o consumo energético é menor por unidade de produto ou serviço. Este é cenário dos países mais desenvolvidos, nomeadamente no setor industrial. Contudo, segundo a ADENE - Agência para a Energia <sup>1</sup>, no setor dos transportes e dos edifícios, a eficiência energética já não tem vindo a evoluir de forma tão desejável [8].

No caso específico do nosso país, a eficiência energética no setor do Estado é uma das áreas do Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE). Desta forma, foi lançado o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP). Ora, este programa tem como finalidade a criação de condições para favorecer políticas de eficiência energética na Administração Pública. Tendo como meta um aumento da eficiência energética nos serviços, edifícios e equipamentos, na ordem dos 30% até 2020. Como consequência haverá então uma redução da fatura energética dos vários serviços públicos e assim será possível um maior estímulo económico através da criação do quadro legal das empresas de serviços energéticos (ESE) e também da contratação de gestão de serviços energéticos. Além disso, irá também contribuir para atingir os objetivos propostos no Programa Nacional para as Alterações climáticas (PNAC) [9].

O ser humano é sem dúvida quem mais interfere com o meio que o rodeia, adaptando-o o máximo possível às suas necessidades e assentando a sua economia na gestão dos recursos energéticos disponíveis. Desta forma, a eficiência energética passa então a ser a solução do trilema constituído pelos conceitos de Economia, Ambiente e Qualidade de serviço.

## 1.2 Motivação

É então neste contexto de melhoria do desempenho energético que surgiu esta dissertação, uma vez que visa contribuir para aprimorar a gestão energética de vários edifícios da Universidade do Porto (UP).

Conhecer os valores do consumo energético torna-se assim de grande importância, pois é a partir destes valores que é possível analisar o nível de eficiência energética. Desta forma, para chegarmos aos ditos valores de consumo, é crucial haver monitorização. Já esta é deveras complexa, pois interessa fazer uma análise a diferentes níveis hierárquicos, isto é, analisar uma sala especificamente e também um edifício na sua totalidade.

Posto isto, tem-se claramente a necessidade de uma gestão energética, que neste caso começa individualmente ao nível de cada faculdade, evoluindo para uma gestão de cariz mais global ao nível da reitoria da UP. Ora, devido à complexidade advinda das diferenças passíveis de encontrar entre as diversas Unidades Orgânicas (UO) e os seus consumos surge a existência dessa estrutura hierárquica de decisão, com a finalidade de sintetizar toda a informação previamente monitorizada antes de chegar ao órgão de decisão final, a reitoria da UP.

Como há uma necessidade de monitorização e gestão centralizada, é importante serem usados valores de referência, ou seja, padrões de consumo para cada instituição. Assim, podem-se

---

<sup>1</sup>A ADENE é a entidade gestora do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e tem a seu cargo a gestão operacional do Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE).

normalizar fatores (por exemplo, equipamentos utilizados ou números de pessoas), desenvolver indicadores de consumo (por exemplo, consumo por aluno ou por área) e por sua vez fazer devidamente comparações. Assim, é possível analisar e ver evoluções de consumo de forma justa entre as diferentes UO.

Um dos desafios passa precisamente por desenvolver esses indicadores de forma a serem o mais adequados possível, e assim ter ferramentas para análise e comparação do desempenho entre as várias UO. O ideal passa assim pela criação de uma ferramenta de interface de análise para a gestão energética global da UP. Desta forma, a UP pode criar um plano de ação de eficiência energética baseado em aspetos comportamentais e mecanismos de responsabilização dos gestores energéticos da UO, sejam esses através de incentivo ou penalização.

### 1.3 Objetivos

Como referido anteriormente, de uma forma genérica esta dissertação tem como finalidade criar uma ferramenta de interface para analisar o desempenho energético e facilitar a gestão energética global da UP. No entanto, para tal é necessário repartir esse amplo e complexo objetivo em pequenas metas que se traduzem em objetivos individuais, sejam estes os seguintes:

- Recolha, processamento e sincronização de informação de consumos das UO.
- Desenvolvimento de metodologias de definição de padrões de consumo de referência.
- Definição de indicadores de desempenho energético adequados aos objetivos de uma gestão energética global da UP.
- Criação de metodologias de avaliação temporal de desempenho energético individual das UO.
- Criação de metodologias de comparação de desempenho energético entre UO.

### 1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é composta por seis capítulos. No capítulo 1 é feito um enquadramento e contextualização do tema. No qual é abordada a questão da importância da eficiência energética. Desta forma, é explicada a motivação da dissertação, sendo também apresentados os objetivos a atingir até ao final da dissertação.

No capítulo 2 é então apresentado o estado da arte, onde se começa por falar sobre a temática dos consumo energéticos, entrando especificamente no caso dos edifícios. Posto isto, aborda-se a questão da eficiência energética e as políticas que surgem neste âmbito. De seguida, entra-se na temática da gestão da energia, e as normas aqui envolvidas.

Já no capítulo 3 é feita uma análise da informação, ou seja, dos vários dados disponíveis. Para tal, começa por ser feita uma caracterização da UP e dos utilizadores nas UO em análise. Posto

isto, são estudadas e caracterizadas as várias medições de consumos, a sua sincronização, e ainda analisadas as suas falhas.

No capítulo 4 é apresentada toda a metodologia utilizada no processo de tratamento de dados. Começa por se fazer uma abordagem geral do processo, apresentando um diagrama que ilustra todas as etapas envolvidas. Desta forma, ao longo do capítulo são explicadas com pormenor essas mesmas etapas, recorrendo a exemplos para a sua ilustração.

Por sua vez, no capítulo 5 é apresentada a análise dos resultados obtidos através da metodologia descrita no capítulo anterior. Os resultados são apresentados por etapas e divididos por cada UO.

Por fim, no capítulo 6 é apresentada uma conclusão do trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação.

## 1.5 Informação e ferramentas utilizadas

Para a realização desta dissertação, a Universidade do Porto autorizou o acesso aos dados do consumo energético elétrico relativo às seguintes Unidades Orgânicas da Universidade do Porto: Faculdade de Desporto (FADEUP), Faculdade de Arquitetura (FAUP), Faculdade de Belas Artes (FBAUP), Faculdade de Direito (FDUP), Faculdade de Letras (FLUP), Faculdade de Medicina Dentária (FMDUP), Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação (FPCEUP). Perfazendo um total de sete faculdades da Universidade do Porto a ser alvo de estudo na presente dissertação.

O acesso aos dados foi conseguido através da empresa *Virtual Power Solutions* (VPS). Mais especificamente da plataforma *kisense* que assenta numa solução integrada para a monitorização do consumo de energia, orientada para o setor empresarial. Este software de gestão energética faz uma análise do consumo de energia em tempo real, fornecendo assim informação vital para a tomada de decisões. Tem então como objetivo apoiar na redução do consumo de energia e assim diminuir os custos associados, seja qual for o setor empresarial [4].

Para o tratamento dos dados utilizou-se o *Microsoft Excel*.

## Capítulo 2

# Estado da arte

### 2.1 A dependência energética de Portugal

A dependência energética de Portugal face ao exterior apresenta-se como um fator importante para caracterização energética nacional. Esta tem vindo a diminuir na última década como se pode verificar na figura 2.1. Segundo a Direção Geral de Energia e Geologia (DGEG) em 2005 rondava os 89%, assumindo uma redução até 2010, chegando a atingir cerca de 76.1%. Em 2011 o índice voltou a subir, para 79,4%, nível que manteve em 2012. Em 2013 voltou a descer para os valores mais baixos das últimas décadas atingindo 72,4% em 2014. Já no ano de 2015, a dependência energética voltou a subir, chegando aos 78,3%.

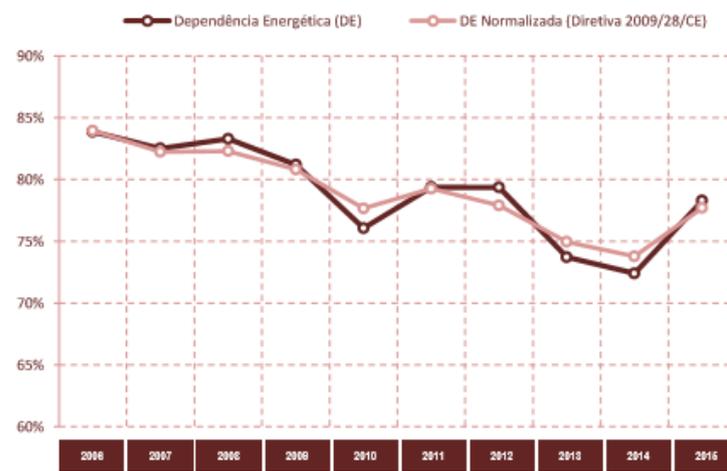


Figura 2.1: Dependência energética de Portugal [1]

A alta taxa de dependência energética de Portugal pode ser explicada pela escassez de recursos energéticos fósseis endógenos, sendo estes os que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos, como por exemplo o petróleo, o carvão e o gás natural. Ora, segundo a DGEG, o aumento da dependência energética em 2015 deveu-se,

sobretudo, ao crescimento das importações de gás natural e carvão, por sua vez resultantes do aumento do consumo no sector eletroprodutor. No sentido de diminuir a dependência energética e as consequentes importações, tem havido um aumento da contribuição de energias renováveis no país, salientando a energia hídrica, eólica, solar, geotérmica e a biomassa.

Paralelamente a esta solução, existe a temática do uso eficiente de energia elétrica, associada a evitar o desperdício. Assim, antes de entrar nesta temática, faz sentido falar de uma forma sucinta sobre os consumos energéticos. Desta forma, tem-se um ponto de partida para traçar as metas e objetivos que terão como finalidade diminuir esses mesmos valores, aplicando assim a dita eficiência energética.

Posto isto, é importante salientar que quando se fala de consumo de energia, não se está a falar apenas de eletricidade, mas das várias formas de energia existentes. Por uma questão de enquadramento é então interessante conhecer os níveis consumo energético total e por cada setor e, de seguida analisar apenas o consumo elétrico.

### 2.1.1 O consumo energético em Portugal

Como se pode ver na figura 2.2, há uma forte dominância do petróleo no consumo de energia em Portugal, tendo alcançado uma quota superior a 55% no ano de 2008. Contudo, é de salientar que esta tem vindo a decrescer desde os anos noventa. Quanto ao gás, a sua utilização é progressiva e representa cerca de 7% do consumo final de energia. Por fim, a eletricidade representa cerca de um quinto do total do consumo de energia primária.

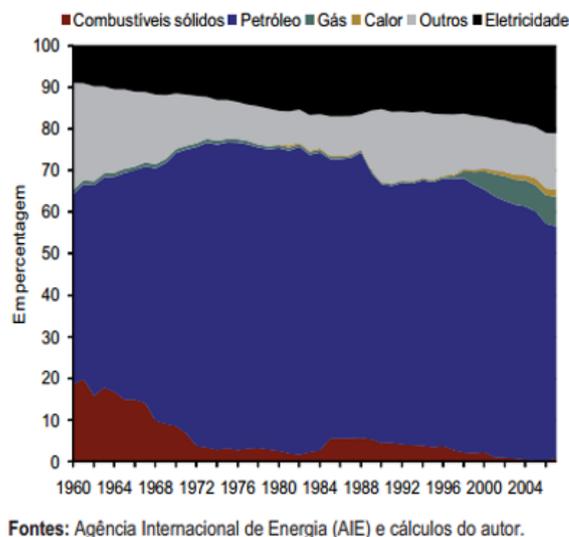


Figura 2.2: Estrutura do consumo final de energia em Portugal

Analisando um cenário mais atual, em 2013 o consumo final total de energia em Portugal foi de 16,2 milhões de toneladas equivalente de petróleo (Mtep). Comparando estes valores com a década anterior, em 2003 o consumo foi 18,9% menor.

Em 2005, deu-se o pico atingindo 20,5 Mtep, e vem-se contraindo desde então, principalmente desde a crise económica de 2008. Contudo, o governo português espera que a procura de energia recupere, e se atinja os 20,3 Mtep até 2030.

### 2.1.1.1 Consumo energético por setor

O setor da indústria é o que representa o maior consumo no nosso país, tendo atingido cerca 5,9 Mtep em 2013, ou seja, 36,7% do consumo total final. Este setor é também o que apresenta o maior declínio no consumo, tendo um decréscimo de 26,7% face a 2003, como se pode ver na Figura 2.3. No entanto, a maior parte desta diminuição (cerca de 20%) advém da crise económica de 2008.

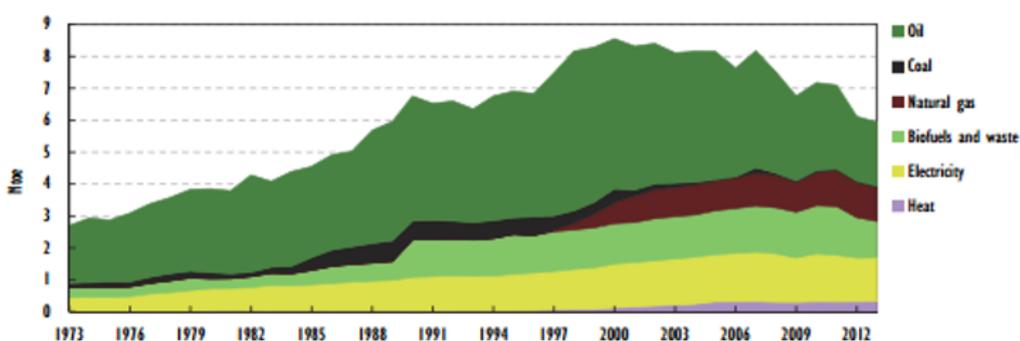


Figura 2.3: Estrutura do consumo final de energia no setor industrial em Portugal (por fonte)

O setor dos transportes representou 33,3% do consumo energético total final em 2013 com 5,4 Mtep. Tendo também sido afetado com a crise económica, o seu consumo diminuiu cerca de 16,5% desde então como se pode ver pela figura 2.4.

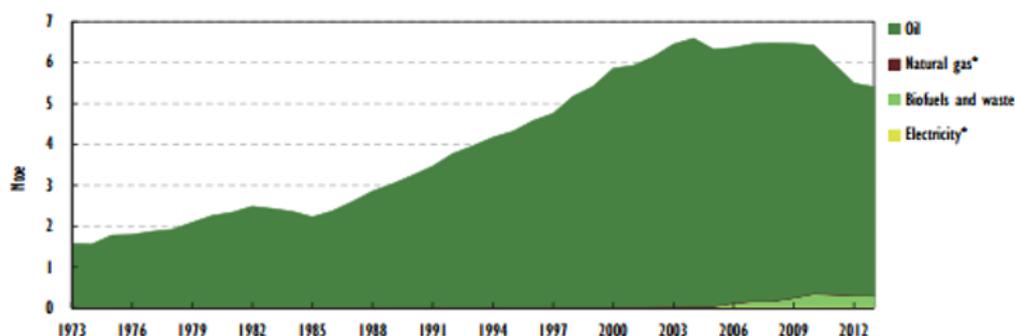


Figura 2.4: Estrutura do consumo final de energia no setor dos transportes em Portugal (por fonte)

O setor doméstico teve um consumo de 2,6 Mtep em 2013, representando 16,3% do consumo total final. É também de notar que o consumo doméstico estagnou de 2004 a 2008 e caiu 15,5% desde a crise de 2008. Já o sector comercial (que inclui os serviços públicos, agricultura, pesca e

silvicultura) é o sector de menor consumo com apenas 2,2 Mtep em 2013, representando 13,7% do total. A procura deste sector cresceu ligeiramente entre 2004 e 2008, mas diminuiu cerca de 7.1% desde 2008.

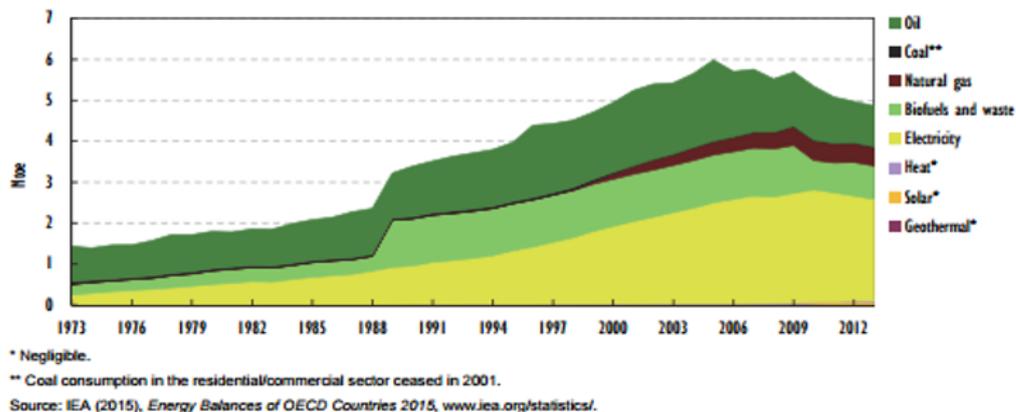


Figura 2.5: Estrutura do consumo final de energia no setor doméstico e no comercial em Portugal (por fonte)

Pois bem, conforme referido existem diferentes formas de utilização de energia, no entanto a que se insere no âmbito desta dissertação é a energia elétrica. Desta forma, será interessante analisar o consumo de energia elétrica em cada um dos setores anteriormente mencionados.

Assim, como se pode ver na figura 2.6, o setor comercial e o sector industrial são os maiores consumidores de eletricidade em Portugal, com 35,8% e 34,6% do consumo de eletricidade, respetivamente. Já o setor doméstico representou cerca de 26,6% do consumo total de 2013, o que mostra um aumento de 4,1% em relação a 2003. No entanto tem estado em declínio constante desde o seu pico em 2010, registando uma queda de 15,2% até 2013. Por fim, temos o sector dos transportes que consumiu apenas 0,8% da eletricidade [10].

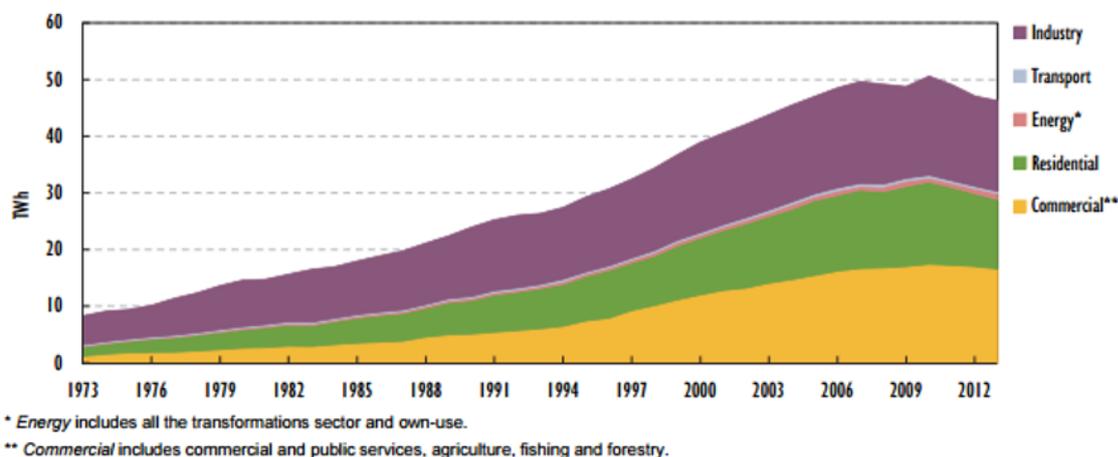


Figura 2.6: Consumo de energia elétrica por setor

### 2.1.1.2 Evolução do consumo de energia elétrica em Portugal

Naturalmente o consumo de energia elétrica tem vindo a crescer com a evolução humana. Assim, é interessante referir que o consumo em Portugal continental aumentou cerca de 50% em 10 anos, passando de 32 000 GWh em 1997 para 49 000 GWh em 2007. A evolução histórica do consumo em Portugal nos últimos 20 anos pode ser observada na figura 2.7 onde se vê um claro crescimento durante a primeira década, e uma tendência para um ligeiro decréscimo nos últimos anos [11] [2].

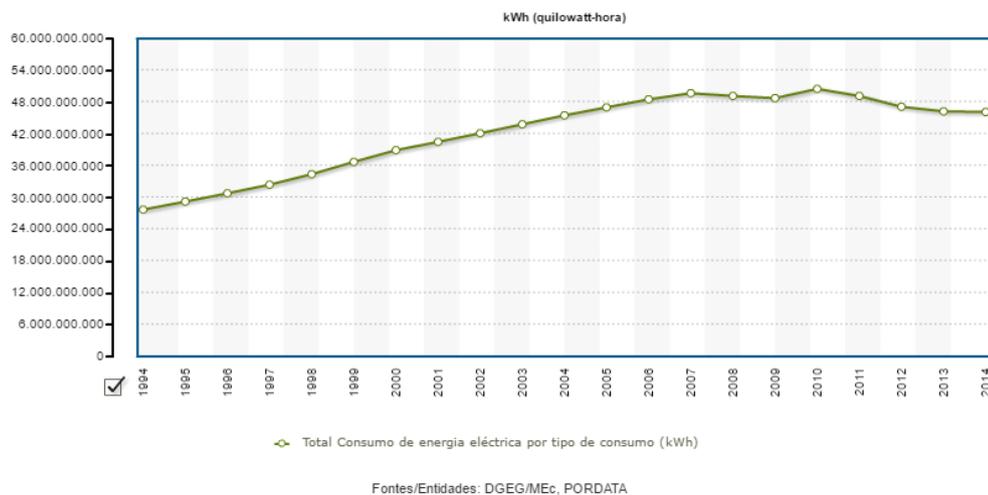


Figura 2.7: Evolução do consumo de energia elétrica em Portugal [2]

Segundo a DGEG, de 2011 a 2014 o consumo de energia elétrica sofreu ligeiras diminuições, o que foi contrariado com uma subida de 1.4% de 2014 para 2015 conforme se pode verificar através dos dados da tabela 2.1 [1].

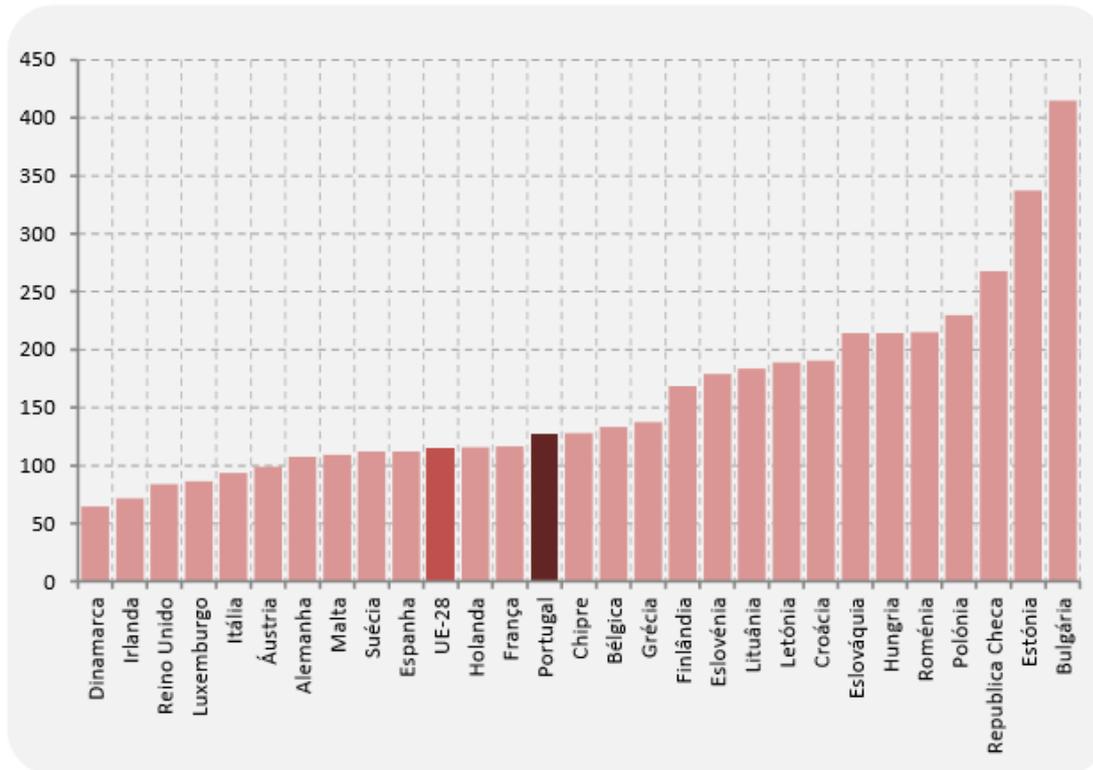
Tabela 2.1: Evolução do Consumo de Energia Elétrica (tep) [1]

Energia Elétrica	2011	2012	2013	2014	2015
Consumo (tep)	3 977 322	3 888 412	3 888 412	3 886 109	3 939 943

### 2.1.1.3 A intensidade energética de Portugal

Posto isto, além de conhecer a dependência energética e os valores do consumo energético, é também interessante conhecer a intensidade energética para a caracterização energética de um país. Esta relaciona o consumo energético de um país com o respetivo PIB. Sendo que um país com uma maior intensidade energética requer o uso de mais energia do que um país com menor intensidade energética para produzir uma unidade de riqueza. Desta forma, a eficiência energética é tanto menor quanto maior for a intensidade energética.

Na figura 2.8 é possível verificar os valores da intensidade energética nos vários países da UE em 2014 (tep/M), e ainda a média desta. Portugal encontra-se na 13<sup>a</sup> colocação de menor intensidade energética, a cerca de 10.7% acima da média [12].



FONTE: Eurostat

Figura 2.8: Intensidade Energética da Economia em Energia Primária na UE-28

Feita uma análise geral sobre o consumo energético, é então possível entrar numa perspetiva mais específica e de interesse nesta dissertação, isto é, o consumo em edifícios.

### 2.1.2 Consumo energético em edifícios

Atualmente, os edifícios são responsáveis por aproximadamente 40% do consumo de energia e 36% das emissões de dióxido de carbono na UE. Sendo que o aquecimento e refrigeração de edifícios constituem a maior fonte de procura de energia na Europa. Além disso, cerca de 35% dos edifícios da UE têm mais de 50 anos de idade, o que por si só se traduz numa dificuldade para o uso eficiente da energia. Desta forma, ao melhorar-se a eficiência energética dos edifícios, pode-se reduzir o consumo energético total da UE de 5% a 6% e ainda diminuir a emissões de dióxido de carbono em cerca de 5% [13].

Aproximadamente 75% dos edifícios existentes, sejam públicos ou privados, apresentam um desempenho energético abaixo dos requisitos da Diretiva 2010/31/EU (*EPBD -Energy Performance of Buildings Directive*). É importante ter em atenção que o potencial de economias de energia nos edifícios é bastante elevado, sendo que mais metade do consumo poderá ser reduzido através de medidas de eficiência energética. Desta forma, uma redução do consumo energético traduz-se numa consequente redução anual de quatrocentos milhões de toneladas de dióxido de carbono, quase o valor total do compromisso da UE no âmbito do protocolo de Quioto [3].

### 2.1.2.1 Consumo energético em edifícios em Portugal

No que diz respeito ao nosso país, embora tenha havido um bom ritmo de construção na década de noventa e no início deste século, o parque edificado português é um parque envelhecido em particular no setor residencial. Para além do desgaste e envelhecimento inerente aos materiais e a falta de manutenção, há um conjunto de problemas que também prejudicam o desempenho energético dos edifícios. Como por exemplo as características específicas do edifício (especialmente isolamentos térmicos), os sistemas energéticos e ainda o comportamento dos utilizadores. Ora, contrariando o que acontece na UE, onde a principal fonte de energia no setor dos edifícios é o gás natural (36% dos consumos), seguida da eletricidade (32%), em Portugal o gás natural tem um consumo bastante reduzido (10%) e a maioria dos consumos são elétricos, representando cerca de 55% do consumo de energia final nos edifícios.

Conforme se pode ver na figura 2.9, o Estado é responsável por aproximadamente 13% da eletricidade consumida analisando apenas o setor dos serviços (que inclui escritórios, hotelaria e restauração, comércio, hospitais e unidades de saúde, estabelecimentos de ensino, entre outros.

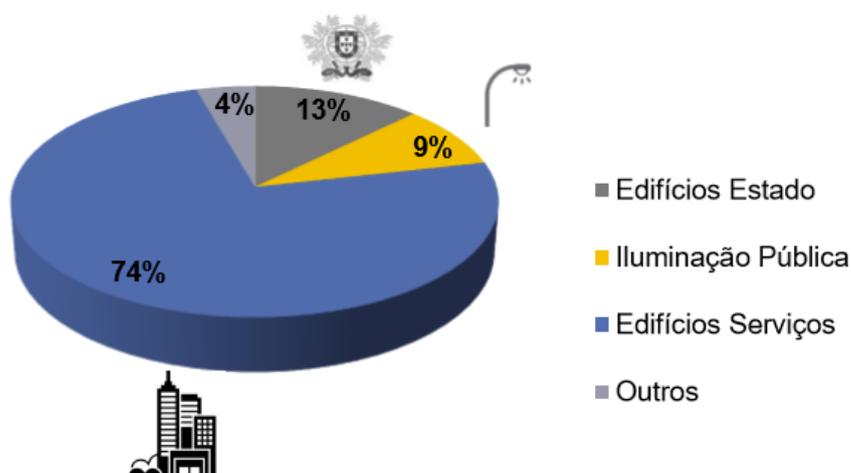


Figura 2.9: Distribuição do consumo energia elétrica no setor dos serviços [3]

O consumo de energia elétrica apenas dos edifícios do Estado ronda valores como os 2000 GWh por ano (correspondentes a aproximadamente 180 mil tep). Sendo que no ano de 2014 o consumo foi de 2228,9 GWh. Nesse ano verificou-se que o consumo nos edifícios públicos foi na ordem dos 5% em relação ao consumo total de energia elétrica incluindo os vários setores. Na tabela 2.2 é então possível observar a evolução do consumo de energia elétrica total e a porção relativa aos edifícios públicos, que é o foco de interesse nesta dissertação.

Tabela 2.2: Evolução do tipo de consumo de energia elétrica por tipo de consumo

Ano	Consumo de energia elétrica por tipo de consumo (kWh)	
	Consumo Total	Edifícios do Estado
2011	4 655,7	255,5
2012	4 482,3	179,9
2013	4 420,9	194,5
2014	4 436,9	214,8
2015	4 523,3	237,9

Além do peso do consumo dos edifícios públicos na sua fatura energética, o Estado deve ser o primeiro a dar o exemplo aos seus cidadãos, e assim incentivar e promover o conceito de eficiência energética. No entanto, em declarações à Lusa em Novembro de 2010, o secretário de Estado da Energia Carlos Zorrinho afirmou: "Há uma coisa com que não nos conformamos. Estamos a atingir os objetivos de eficiência energética em termos globais, mas quem menos tem contribuído tem sido a administração pública". Segundo o mesmo: "se o cidadão vê desperdício de energia num edifício público, sente-se mais desresponsabilizado por ele próprio não fazer nada para reduzir o consumo".

Segundo um estudo feito pela Associação Portuguesa para o Desenvolvimento das Comunicações (APDC), mais de metade do valor da fatura energética do Estado é correspondente aos edifícios públicos. Além disso, ainda de acordo com este estudo, se forem usados como referência os anos de 1994 e 2008, o consumo energético nos edifícios da administração pública está a crescer ao dobro da média nacional (77%) [14].

Os edifícios, sejam ou não públicos, apresentam grandes potenciais de poupança. Desta forma é justificada a aposta numa gestão eficiente da energia.

### 2.1.3 Indicadores energéticos

Para uma análise de consumos energéticos, ao invés de utilizar os números e as grandezas inerentes, podem-se utilizar indicadores de consumo. Desta forma é possível ter uma perceção mais intuitiva e prática. Ora, dependendo do objetivo final e das variáveis em estudo existem diversos indicadores, sejam estes por exemplo:

- A intensidade energética;
- Consumo energético per capita;
- Consumo de eletricidade per capita;
- Consumo por área;
- Consumo por produção;
- Consumo por ocupação;
- Consumo por tempo de utilização ;
- Consumo por emissões.

Como foi mencionado na secção 2.1, a intensidade energética relaciona o consumo energético de um país com o respetivo PIB. Já nos restantes indicadores apresentados, o nome é auto-explicativo.

Posto isto, tem-se então outro tipo de indicadores que se denominam indicadores de desempenho que, como o próprio nome nos indica são indicadores de eficiência do sistema. Sejam estes por exemplo:

- Indicadores de rendimento;
- Indicadores de poupança energética;
- Indicadores de poupança económica;

Ora, os indicadores de rendimento podem ser aplicados a equipamentos de transformação de energia, relacionando os fluxos energéticos de entrada e os de saída. Já os indicadores de poupança, serão utilizados para relacionar consumos antes e depois da implementação de medidas de eficiência. Desta forma, estes podem indicar o consumo energético, ou a poupança económica, no caso de se incluírem os custos antes e depois da implementação de medidas de eficiência.

Pois bem, estes indicadores estão diretamente ligados à eficiência energética, tendo em conta que esta passa pela otimização do consumo de energia.

## 2.2 A eficiência energética

A eficiência energética não é um conceito difícil de perceber nem tão pouco de praticar. Em poucas palavras, a eficiência energética passa por uma utilização mais racional e económica do tipo de energia em uso, evitando o desperdício sempre que possível. Ora, o desperdício de energia não acontece apenas na fase de transformação ou conversão da energia, ocorre também na fase do consumo.

Na fase do consumo, a eficiência energética normalmente é associada ao termo Utilização Racional da Energia (URE) [8] [15]. Aplicando-se nos vários setores, o desperdício de energia nos consumos introduz a necessidade de aplicar algumas medidas com o propósito de se obter uma melhor utilização energética. No entanto, o foco da presente dissertação recai sobre a energia elétrica consumida em edifícios do setor público, especificamente faculdades.

A eletricidade consumida na iluminação dos vários setores ronda os 25% do consumo global do país. Trata-se portanto duma área com grande impacto nos consumos, especialmente em edifícios. Esta é então uma área de utilização na qual a aplicação de algumas medidas de eficiência terá impacto na redução de consumos energéticos. Medidas estas tais como por exemplo:

- Melhor aproveitamento das condições de iluminação natural;
- Remover lâmpadas desnecessárias para proporcionar a iluminação desejada;
- Desligar a iluminação que seja estritamente decorativa;
- Instalar a iluminação de segurança, apenas nos locais onde ela é exigida;
- Substituir por lâmpadas de maior eficiência;
- Otimização e controlo da iluminação [16].

Há ainda a considerar o consumo dos computadores e outros aparelhos como máquinas de laboratório (se aplicável). Neste ponto, para uma maior eficiência deve-se sempre que possível desligar completamente os aparelhos, evitando o modo *stand-by* e utilizar sempre que possível produtos com utilização energética eficiente. Por fim, uma outra forma de melhorar a eficiência energética passa por implementar sistemas de gestão de energia.

### 2.2.1 A eficiência e as políticas energéticas

Como a temática da eficiência energética tem vindo a mostrar-se cada vez mais importante na nossa sociedade, é necessário que os padrões comportamentais da sociedade se modifiquem e que no âmbito político se estabeleçam acordos e normas. Nesta subsecção são então apresentadas as várias políticas energéticas de forma cronológica, de forma a facilitar o enquadramento lógico das mesmas.

Neste contexto, em 2006, surge a Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, referente à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos. Desta forma, conforme referido no capítulo anterior, em 2007 assumiu-se o objetivo de reduzir o consumo médio anual de energia em 20% até 2020. Portugal estabeleceu metas mais ambiciosas, uma vez que pretende obter um aumento da eficiência energética nos serviços, edifícios e equipamentos, na ordem dos 30% até 2020 [9].

Assim, além da melhoria de 20% na eficiência energética, os Estados Membros da União Europeia comprometeram-se a também a reduzir as emissões de gases com efeitos de estufa em 20% até 2020 e ainda aumentar em igual percentagem a proporção de fontes de energia renováveis no cabaz energético da União Europeia (UE). A correlação entre os objetivos clima e energia exposta no pacote energia-clima de 2020 foi reforçada com os novos objetivos aprovados pelo Governo da União Europeia para 2030, adicionando às três metas anteriormente referidas, uma quarta relativa a interligações. Desta forma, a articulação entre os objetivos de política climática e de política energética foi um elemento essencial na implementação da referida Diretiva n.º 2006/32/CE [17].

Neste contexto, em 2008 foi aprovado o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 80/2008. Este foi caracterizado pela previsão de uma melhoria da eficiência energética equivalente a 10% do consumo final de energia até ao ano de 2015 [18]. Para cumprir os objetivos estipulados pela UE e tendo em conta o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE), estão em vigor vários programas de apoio à eficiência energética, entre eles:

- Fundo de Eficiência Energética;
- Plano de Promoção da Eficiência no Consumo de Energia Elétrica;
- Fundo de Apoio à Inovação;
- Fundos do Quadro de Referência Estratégia Nacional [19].

Mais tarde, o XVIII Governo Constitucional idealizou novos objetivos no âmbito das políticas energéticas e determinou a prioridade que deve ser dada à temática da eficiência energética, nomeadamente com o auxílio de programas de redução do consumo energético nos edifícios públicos, promovendo comportamentos com menor consumo energético. Assim surge o Decreto-Lei n.º 319/2009, que transpõe a Diretiva n.º 2006/32/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho. Este Decreto-Lei veio estabelecer que Portugal deve atingir economias de energia na ordem dos 9% até 2016, nomeadamente através de serviços energéticos e de outras medidas de melhoria da eficiência energética.

Em 2010 surge a Estratégia Nacional para a Energia com o horizonte de 2020 (ENE 2020), aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010. Esta tem como principal objetivo o desenvolvimento de um cluster industrial associado à promoção da eficiência energética, garantindo novos postos de trabalho associados a um investimento de 13 000 milhões de euros até ao ano de 2020 [18].

Apesar do esforço e de uma boa evolução na eficiência energética, aquando da sua comunicação relativa ao Plano de Eficiência Energética de 2011, a Comissão Europeia concluiu uma certa dificuldade em cumprir os objetivos propostos anteriormente. Assim, surge a Diretiva n.º 2012/27/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho (transposta para o ordenamento jurídico nacional pelo Decreto-Lei n.º 68-A/2015). Ora, esta Diretiva veio determinar um novo cenário que promove a eficiência energética na UE. Para tal, definiu práticas que contribuem quer para as propostas do Plano de Eficiência Energética de 2011, quer para cumprir os objetivos propostos no roteiro de transição para uma economia de baixo carbono competitiva em 2050 [17].

Já em 2014, o Conselho Europeu de 20 e 21 de março salientou a eficácia da eficiência energética na redução dos custos de energia e da dependência energética [20]. Percebe-se então que a UE tem vindo a assumir como questões determinantes para as políticas energéticas, a redução do consumo de energia, e subsequente eliminação do desperdício. Desta forma, foram estabelecidas normas e regras aplicáveis aos vários serviços e infraestruturas, no que diz respeito à eficiência energética. Estas medidas visam melhorar a eficiência em todas as fases da cadeia da energia, até utilização de energia por parte do consumidor final [19].

### **2.2.1.1 Eficiência e políticas energéticas nos edifícios públicos**

Conforme referido na secção 2.1.2, os edifícios são responsáveis pelo consumo de cerca de 40% da energia final na UE. Assim, os vários países têm vindo a promover o uso de medidas para se melhorar quer o desempenho energético, quer as condições de conforto dos edifícios. Neste âmbito surge então o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) que é um instrumento de política energética cuja implementação é resultante de uma diretiva.

Ora, a certificação energética permite ao utilizador do edifício ter acesso a informação sobre o desempenho do mesmo. Assim, permite identificar medidas que podem contribuir para melhorar esse desempenho. No caso de edifícios novos, serve de mecanismo de verificação do cumprimento dos requisitos térmicos associados. A certificação é um aspeto importante na medida que ajuda a reduzir a fatura energética dos edifícios. Assim, nesta secção são apresentadas as várias políticas energéticas de forma cronológica, de forma a facilitar o enquadramento lógico das mesmas.

Neste contexto, começou por surgir a Diretiva n.º 2002/91/CE, que diz respeito ao desempenho energético dos edifícios (*EPBD*). Além de outros requisitos, a *EPBD* determina que os Estados-Membros implementem um sistema de certificação energética nos edifícios. Este sistema visa dar ao cidadão a informação sobre a qualidade térmica dos edifícios, no momento da construção, venda ou arrendamento. A diretiva exige ainda que este sistema de certificação abranja todos os grande edifícios públicos e ainda edifícios continuamente frequentados pelo público [21].

Posto isto, deu-se uma continua evolução da legislação na eficiência energética nos edifícios públicos. O resumo desta evolução é ilustrado na figura 2.10 e explicado ao longo desta secção.

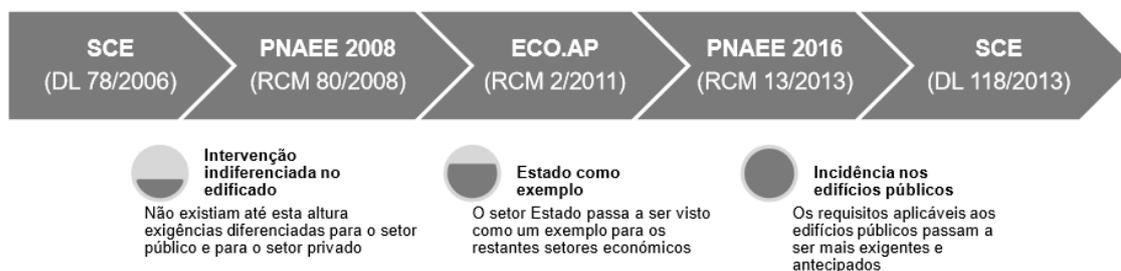


Figura 2.10: Eficiência Energética nos Edifícios Públicos

Em 2006 é então aprovado o Decreto-Lei 78/2006 que aprova o Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios e transpõe parcialmente para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2002/91/CE [22]. É de salientar que este Decreto-Lei não faz qualquer distinção a nível de exigência ou de critérios para a melhoria da eficiência energética em edifícios públicos dos privados.

Em 2008 foi então lançado o PNAEE (Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética) ilustrado na figura 2.11. Este plano abrange quatro áreas específicas, objeto de orientações predominantemente na área tecnológica: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria e Estado. Ora, a área Estado é incorporada num programa designado por Eficiência Energética no Estado, com medidas direcionadas aos edifícios e transportes do Estado, à iluminação pública e ainda à negociação centralizada de energia na administração central e local.

Plano Nacional Ação Eficiência Energética								
Programas e Medidas			Impactos (tep)		Metas			
Designação da medida	Código da medida	Descrição	Cenário intermédio		Indicadores	Actual	2010	2015
			2010	2015				
Edifícios	E8M1	Certificação Energética dos edifícios do estado.	4.652	16.401	Percentagem de edifícios com melhoria da classificação energética		9%	30%
	E8M2	Solar térmico - Piscinas. Instalação de sistemas solares térmicos para AQS em piscinas e balneários.	2.301	6.138	Nº de instalações em piscinas		107	285
	E8M3	Solar térmico - Recintos Desportivos. Instalação de sistemas solares térmicos para AQS.			Nº de instalações em edifícios desportivos		266	710
	E8M4	Escola microprodutora. Instalação de sistemas microprodutores de energia eléctrica em escolas públicas.	605	1613	Nº de sistemas instalados Potência instalada (MW)		938 5,6	2500 15
	E8M5	Cogeração hospitalar. Criar centros de produção de energia em unidades hospitalares de grande e média dimensão.	0	2137	Nº de hospitais com cogeração			22

Figura 2.11: Plano nacional de eficiência energética no Estado

O PNAEE revela metas ambiciosas no que diz respeito aos edifícios do estado. Sendo algumas destas:

- Ter a totalidade dos edifícios do Estado com auditorias energéticas realizadas até 2015, dando prioridade a instalações com consumo maior que 25 GWh/ano;
- Ter a totalidade os edifícios do Estado com certificado energético, também até 2015;
- Converter 20% do parque de edifícios do Estado para a classe B- ou superior até 2015 e instalar 100% das piscinas e balneários públicos com solar térmico, 50% das escolas com renováveis, 25% dos hospitais com cogeração.

No ano de 2010, a Diretiva nº 2002/91/CE vem a ser revista, surgindo assim a Diretiva nº 2010/31/CE. Ora, esta versão da *EPBD* trouxe um conjunto de novos desafios, parte deles impulsionados com o Certificado Energético. Ao abrigo desta Diretiva de 2010 nº 2010/31/CE tem-se então que:

- Os certificados de desempenho energético devem ser incluídos em todos os anúncios de venda ou aluguer de edifícios;
- Os países da UE devem estabelecer sistemas de inspeção para sistemas de aquecimento e ar condicionado ou implementar medidas de efeito equivalente;
- Os países da UE devem estabelecer requisitos mínimos de desempenho energético para os edifícios novos, para a renovação importante de edifícios e para a substituição ou adaptação de elementos de construção (sistemas de aquecimento e arrefecimento, telhados, paredes, etc.);
- Os países da UE têm de elaborar listas de medidas financeiras nacionais para melhorar a eficiência energética dos edifícios [13].

Com esta diretiva é de esperar uma maior visibilidade por parte da certificação energética, quer nos edifícios novos ou reabilitados, quer nos edifícios alvo de transação ou arrendamento. Além disso, os grandes edifícios de comércio e serviços bem como os edifícios públicos têm o dever de avaliar o seu potencial, constituindo-se assim como exemplo na dinamização da certificação energética [21].

Já em 2011, a Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011 lança o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública — Eco.AP com o objetivo de criar condições para se desenvolverem políticas de eficiência energética na Administração Pública, nomeadamente nos serviços e edifícios. Para assim se cumprir a meta de alcançar o aumento da eficiência energética de 30% até 2020. Incluídos neste programa estão todos os serviços e organismos da administração direta e indireta do Estado, assim como as empresas públicas, universidades, fundações públicas e associações públicas ou privadas com capital maioritariamente público. As suas principais medidas são:

- Compromisso do Estado em reduzir os consumos nas suas instalações e a promover a utilização de iluminação pública mais eficiente;
- Designação de um gestor local de energia responsável pela dinamização e verificação das medidas para a melhoria da eficiência energética;
- Celebração de contratos de gestão de eficiência energética para as entidades com consumos mais significativos;
- Adoção e implementação um plano de cação de eficiência energética para as restantes (até ao final de 2011);
- Criação do barómetro de eficiência energética da Administração Pública, destinado a comparar e a divulgar publicamente o desempenho energético dos serviços.

No âmbito dos contratos de gestão, o Decreto-lei n.º 29/2011 estabelece um regime de contratação pública, por parte do Estado e demais entidades públicas, de serviços energéticos, com vista à implementação de medidas de eficiência energética nos edifícios públicos e equipamentos afetos à prestação de serviços públicos [18]. Em suma, além do Estado se comprometer a reduzir os consumos nas suas instalações e a promover a utilização de iluminação pública mais eficiente, é também altamente recomendada a necessidade da alteração de comportamentos, evitando o desperdício e combatendo a ineficiência dos usos de energia. É realçado que a cooperação entre as iniciativas públicas e privadas devem estimular uma alteração de comportamentos, essencial para garantir quer o bem-estar das populações, quer a competitividade da economia ou ainda a qualidade do ambiente.

Já ao abrigo da Diretiva 2012/27/UE, tem-se que:

- Os países da UE devem fazer renovações edifícios com vista a melhorar a eficiência energética em pelo menos 3% dos edifícios possuídos e ocupados pelo governo central;
- Os governos da UE só devem adquirir edifícios que sejam altamente eficientes em termos energéticos;
- Os países da UE devem elaborar estratégias nacionais de renovação de edifícios a longo prazo que possam ser incluídas nos seus planos de ação nacionais para a eficiência energética [13].

Em Abril de 2013 a Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 aprova o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis - PNAER 2020 e lança o PNAEE 2013-2016. Este passa a englobar seis áreas específicas, sendo estas: Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura. Estas áreas incluem dez programas com um vasto conjunto de medidas de melhoria da eficiência energética. No que diz respeito ao Estado, continua num programa designado por Eficiência Energética no Estado, com um conjunto de medidas dirigidas à certificação energética dos edifícios do Estado, aos Planos de Ação de Eficiência Energética,

designadamente no âmbito do Programa ECO.AP, frotas de transporte do Estado e à Iluminação Pública (IP).

Os objetivos revistos do PNAEE para os edifícios do Estado passam a ser os seguintes:

- Aumentar a eficiência energética da economia, particularmente no setor Estado, contribuindo assim para a redução da despesa pública e para o uso eficiente dos recursos disponíveis;
- cumprir a meta geral de redução de 25% e a meta específica para o Estado de uma redução de 30% do consumo de energia primária até ao ano 2020;
- Metas a 2020:
  - 2225 edifícios do Estado a serem sujeitos a certificação;
  - 500 edifícios a serem objeto de celebração de contratos de gestão de eficiência energética no âmbito do programa ECO.AP.

Em Agosto ainda de 2013, surge o Decreto-Lei 118/2013, que tem como objetivo certificar e desenvolver a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do SCE. Este Decreto/Lei vem então transpor para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 2010/31/UE, que diz respeito ao desempenho energético dos edifícios. São abrangidos no âmbito desta legislação:

- Todos os edifícios, novos ou sujeitos a grande intervenção;
- Os edifícios a partir do momento da sua venda, doação ou locação;
- Os edifícios ou frações existentes de comércio e serviços:
  - Com área interior útil de pavimento igual ou superior a 1000 m<sup>2</sup>;
  - Centros comerciais, supermercados e piscinas cobertas com área interior útil de pavimento igual ou superior a 500 m<sup>2</sup>;
  - Que sejam propriedade de uma entidade pública e tenham área interior útil de pavimento ocupada por uma entidade pública e frequentemente visitada pelo público superior a 250 m<sup>2</sup>;

O Decreto-Lei 118/2013, declara também que parque edificado deve progressivamente ser composto por edifícios com necessidades energéticas quase nulas (*Nearly Zero Energy Buildings - NZEB*). Estes edifícios são caracterizados por um alto desempenho energético, nos quais a satisfação energética resulta maioritariamente de fontes renováveis, cuja energia é produzida no local ou nas suas proximidades. Deverão ser edifícios do tipo *NZEB* os novos licenciados após 31 de dezembro de 2020, ou após 31 de dezembro de 2018 no caso dos novos edifícios serem propriedade e ocupados por uma entidade pública.

Posto isto, já em 2015 surge o Decreto-Lei 68-A/2015 que determina duas disposições específicas para a área dos edifícios, incluindo os edifícios públicos:

- Renovação de edifícios (Artigo 8º):  
O Governo estabelece uma estratégia a longo prazo para mobilizar investimentos na renovação do parque nacional de edifícios residenciais e comerciais, tanto públicos como privados.
- Aquisição e arrendamento de edifícios (Artigo 9º):  
Os edifícios adquiridos ou arrendados para instalação de serviços públicos, devem cumprir os seguintes requisitos de desempenho energético:
  - Edifícios novos: classe energética igual ou superior a B -;
  - Edifícios existentes: classe energética igual ou superior a D, sendo que a partir de 31 de dezembro de 2015, deverão apresentar classe energética igual ou superior a C [3].

## 2.3 Gestão da energia

A gestão de energia é um conceito abrangente, em grande parte devido à larga amplitude do termo "energia". Segundo Bureau of Energy Efficiency, 2010, o conceito da gestão de energia é associado a uma estratégia de otimização dos recursos disponíveis e a uma redução dos consumos energéticos em todos os processos de produção, por intermédio do uso contínuo de certos procedimentos e sistemas.

De uma forma geral, a gestão da energia tem como meta diminuir as despesas associadas ao consumo energético, assegurando a qualidade de serviço. Desta forma, segundo o Instituto Português da Qualidade (2012), um Sistema de Gestão de Energia (SGE) é descrito como um “conjunto de elementos inter-relacionados ou interatuantes para estabelecer uma política e objetivos energéticos, bem como estabelecer os processos e procedimentos necessários para a concretização desses objetivos”.

A gestão da energia, sendo aliada da eficiência, torna-se uma prioridade para as mais variadas organizações, quer pelo seu potencial de redução de custos, quer pelo seu papel na redução de emissões de gases com efeito de estufa e outros impactos ambientais relacionados.

### 2.3.1 Normas

Nos dias de hoje a competitividade é um fator de grande importância, assim o custo da energia é crítico para as organizações. Ora, como estas não têm poder para gerir o preço da energia, a sua opção é atuar na sua procura, nomeadamente através da implementação de estratégias que permitem uma utilização energética mais eficiente. Tendo em mente esta problemática, no ano de 2011 a *International Organization for Standardization* (ISO), publicou a norma ISO 50001–«Energy Management Systems – Requirements with guidance for use», adotada em Portugal, em

2012, pelo Instituto Português da Qualidade (IPQ) como NP EN ISO 50001 – «Sistemas de Gestão de Energia. Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização.» [6].

A ISO 50001 estabelece um referencial que leva à implementação de estratégias para uma melhor gestão do consumo energético. Ou seja, estabelece os requisitos que o sistema de gestão deve ter para um melhor desempenho energético. Por sua vez, a gestão energética, tal como prescreve a norma, deve ser estruturada e continua, para assim se chegar a um ótimo de utilização da energia [23]. Esta norma contribuí assim para diminuir os impactos ambientais, aumentar a eficiência energética e consequentemente a aumentar a competitividade, sem afetar a sua produtividade.

Facilmente se percebe que a Eficiência Energética e a ISO 50001 formam uma combinação fundamental, dado que a norma também serve para as organizações mostrarem a implementação de um sistema eficaz de gestão de energia, mostrando melhorias no seu desempenho energético, e também para comprar produtos ou serviços eficientes [24].

No entanto, a ISO 50001 não é a única certificação em vigor no mundo da eficiência energética, existem outras como a ISO 50002:2014, que tem como objetivo harmonizar os processos de auditorias energéticas. Além disso, está também a ser desenvolvida uma evolução da norma ISO 50001, denominada ISO 52000. Esta norma sugere uma melhoria na anterior e surgiu da necessidade de concentrar de forma abrangente o processo de gestão de energia. Aborda a questão do foco holístico desta gestão e irá concentrar-se na definição, avaliação e sistematização do desempenho energético dos edifícios. A sua publicação é eminente, e desta forma terá impacto sobre a eficiência energética dos edifícios em todo o mundo [25].

### 2.3.2 Sistemas de gestão de energia (SGE)

Segundo o Bureau of Energy Efficiency (2010), a gestão energética é uma peça fundamental de toda a estratégia de gestão de uma instituição. Uma vez que a implementação de um SGE pode auxiliar na promoção e manutenção de estratégias de gestão, através do acompanhamento contínuo e monitorização da energia utilizada ou produzida. E além disso, identificando as zonas prioritárias pode ajudar a estabelecer e rever planos de contingência e segurança quando o fornecimento é interrompido por situações transversais.

Os principais objetivos de um Sistema de Gestão de Energia (SGE) passam por:

- Conhecimento dos consumos energéticos da organização: porquê/como/onde/quando se consome energia e ainda quanto se consome de energia;
- Contabilização e monitorização da evolução dos consumos de energia;
- Disponibilização de dados para tomada de decisões sobre as medidas a adotar para a melhoria do desempenho energético;
- Adoção de medidas que permitam otimizar a utilização de energia;

- Controlo do resultado das ações e investimentos realizados para melhoria do desempenho energético.

Na implementação de um SGE é ainda de realçar a importância da gestão de topo. Esta deve eleger uma equipa ou um representante, com a devida formação, para ficar responsável pela identificação, caracterização, e gestão sistemática dos fluxos de energia. Assim, é possível prever a tendência dos consumos energéticos e ainda estabelecer objetivos e planos de ação para melhorar o desempenho energético.

As normas disponibilizam alguns requisitos que ajudam na construção de um SGE funcional e eficaz. Por exemplo, a ISO 50001 apresenta requisitos que passam pela necessidade de estabelecer quer o âmbito, quer as fronteiras do SGE, assim como a definição de uma política adequada à instituição. Desta forma, de acordo com a ISO 50001, a implementação de um SGE tem aspetos positivos e negativos, sendo estes:

Vantagens da implementação do SGE:

- Controlo sobre a recolha de dados energéticos;
- Avaliação dos processos produtivos e organizacionais, para além das instalações e equipamentos;
- Monitorização dos resultados obtidos com a implementação de medidas de melhoria do desempenho energético, e sempre que necessário, adoção de medidas corretivas;
- Otimização do sistema de gestão de energia da organização ao longo do tempo, numa perspetiva de melhoria contínua;
- Envolvimento de toda a organização no processo, potenciando a obtenção de resultados duradouros.

Dificuldades na implementação do SGE:

- Planeamento envolvido num sistema de gestão de energia é complexo e demorado;
- Controlo de custos decorrentes da implementação do sistema de gestão de energia exige particular atenção por parte da gestão de topo.

Além de analisar as vantagens e dificuldades da implementação de um SGE é importante analisar as consequências dessa implementação. Pode-se então afirmar que os principais benefícios resultantes da implementação de um SGE estão relacionados com a redução do consumo energético e com a melhoria da eficiência energética, promovendo consequentemente a racionalização dos custos. No entanto, além destes benefícios existem vários outros, de entre os quais:

- Redução da fatura energética das organizações;
- Aumento da produtividade das organizações;

- Aumento da competitividade nos mercados internos e externos;
- Conhecer de forma aprofundada as instalações e o custo energético dos processos;
- Melhoria dos custos operacionais e conseqüente planeamento de custos;
- Redução dos impactos negativos decorrentes do consumo de energia, incluindo a redução de gases com efeitos de estufa [24].

Ora, quando se tem como objetivo melhorar o desempenho energético de uma instituição considera-se a instalação de novas tecnologias. Contudo, a melhor forma de se atingir esse objetivo passa primeiro por alterar a forma com a a energia é gerida e por compreender a relação entre o consumo e os parâmetros de funcionamento das instalações (Scheihing, 2009). Só é possível garantir que a instalação é eficiente se, na fase de exploração houver um bom método de gestão e monitorização do consumo de energia sem negligenciar a manutenção dos equipamentos (Ferreira, 2014).

Para apoio a gestão energética há então meios auxiliares de monitorização e recolha de dados, como por exemplo contadores e sensores de temperatura, pressão ou presença. Estes são geridos com recurso a *software* que permite verificar em tempo real os fluxos de energia. Desta forma, permitem o acesso automático a informações como o local, a quantidade de energia, os perfis de funcionamento dos equipamentos, entre outros. Desta forma, permitem identificar e retificar desvios significativos nos perfis de consumo de energia.

Contudo, é fundamental verificar a credibilidade dos dados, ressaltando a importância das inspeções e manutenções periódicas aos equipamentos de medição [26].

### 2.3.3 VPS - Kisense

Conforme referido no capítulo anterior, esta ferramenta assenta numa solução integrada para a monitorização do consumo de energia. Este software de gestão energética faz uma análise do consumo de energia em tempo real.

O sistema naturalmente começa com a energia a ser consumida da rede elétrica. Posto isto, um transmissor faz a ligação da informação relativa aos quadros, e respetivos contadores, para a *Cloud*, que por sua vez faz a ligação ao *software* de monitorização. é de notar a presença de controlos para desligar equipamentos, iluminação ou AVAC (Aquecimento, ventilação e ar condicionado) caso necessário. A seguinte figura ilustra o sistema em que o *software* se encontra integrado.

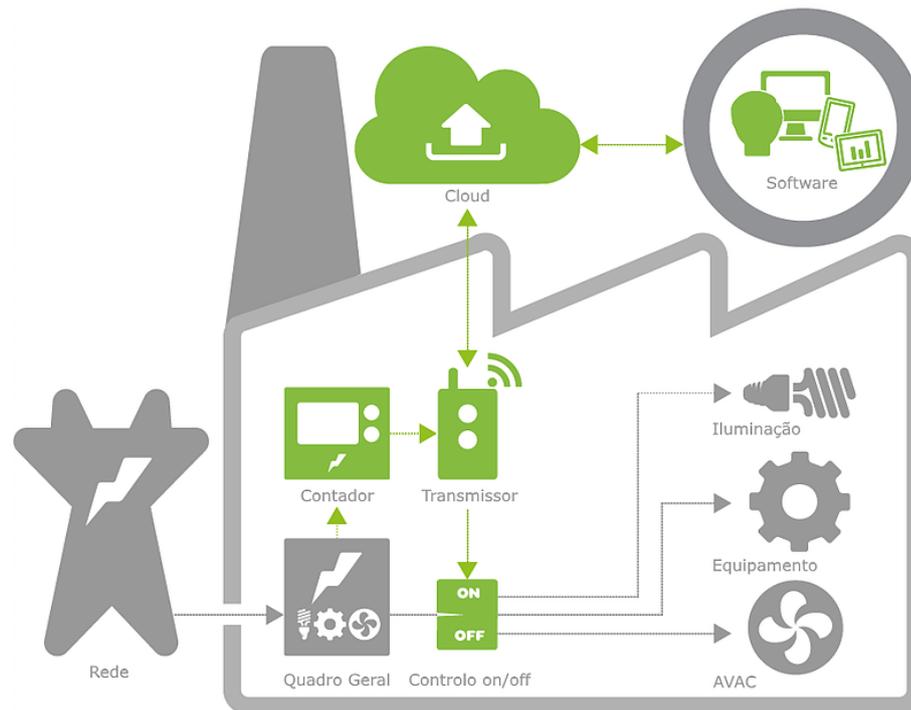


Figura 2.12: Sistema de funcionamento da ferramenta de monitorização *kisense* [4].

É com base neste sistema que o Kisense fornece e analisa dados de consumo energético em tempo real. Ora, este apresenta uma diversa variedade de funcionalidades, tais como:

- Monitorização e gestão da energia e outros parâmetros de edifícios:
  - Energia consumida pelos diversos equipamentos ou sistemas (Energia elétrica, gás, água e calor);
  - Energia fornecida por equipamentos de geração energética (Geradores, painéis fotovoltaicos, painéis solares térmicos e caldeiras);
  - Parâmetros Ambientais (Qualidade do ar e conforto);
  - Outros.
- Plataforma integradora de diversos tipos de dados;
- Interface simples e intuitivo;
- Cálculo de indicadores;
- Análise de performance;
- Detecção automática de anomalias de funcionamento;
- Controlo (atuação) de funcionamento de equipamentos;

- Apresentação de resultados ao público.

Tal como ilustrado na figura 2.13, para o seu funcionamento, o *Kisense* dispõe de 5 módulos, sendo estes:

- Explorador de Dados (Análise sobre os dados recolhidos e indicadores calculados);
- Alarmes (Definição e detecção de situações anómalas);
- Atuação (Controlo remoto, parametrização e agendamento de equipamentos e áreas de consumo);
- Baselines (Definição de perfis de consumo para cálculo de poupanças)
- Apresentação (Apresentação de dados sob a forma de slideshow).



Figura 2.13: Módulos disponíveis no *kisense* [5].

## Capítulo 3

# Análise da Informação

### 3.1 A Universidade do Porto em números

A estrutura organizacional da Universidade do Porto integra um conjunto de vários organismos que têm a competência de assegurar o bom funcionamento de toda a instituição. Primeiramente tem-se a Reitoria que é o núcleo central da organização da UP e integra todos os órgãos de governo central da instituição.

Posto isto, existem os Serviços Autónomos, como SASUP (Serviços de Ação Social da Universidade do Porto), SPUP (Serviços Partilhados da Universidade do Porto) e CDUP-UP (Centro de Desporto da Universidade do Porto). Por fim, existem as diversas Unidades Orgânicas que se dividem em dois tipos: as Unidades Orgânicas de investigação designadas Institutos de Investigação e naturalmente as Unidades Orgânicas de ensino e investigação designadas Faculdades. Estas últimas são o alvo de análise desta dissertação [27].

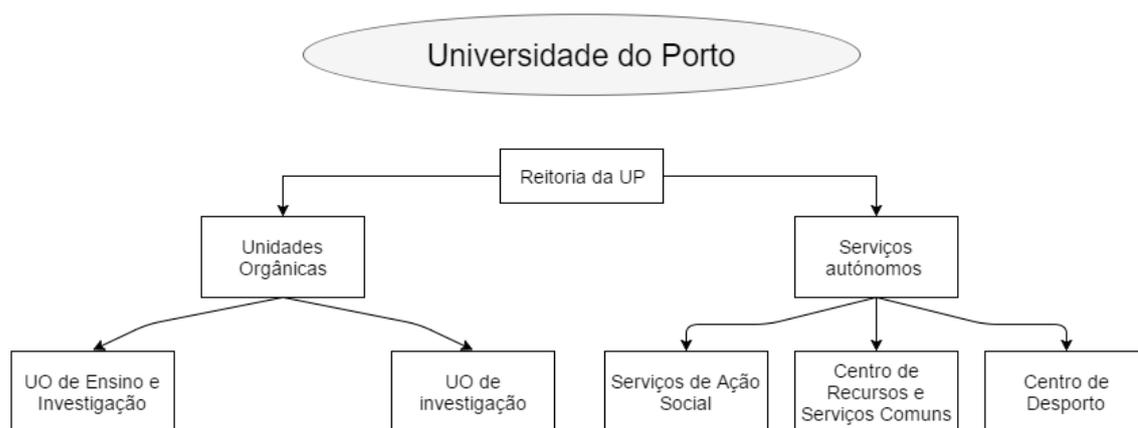


Figura 3.1: Estrutura organizacional da UP

Ora, na sua totalidade as Unidades Orgânicas de ensino que constituem a UP são 1 *Business School* e as 14 faculdades apresentadas de seguida, geograficamente divididas em 3 polos.

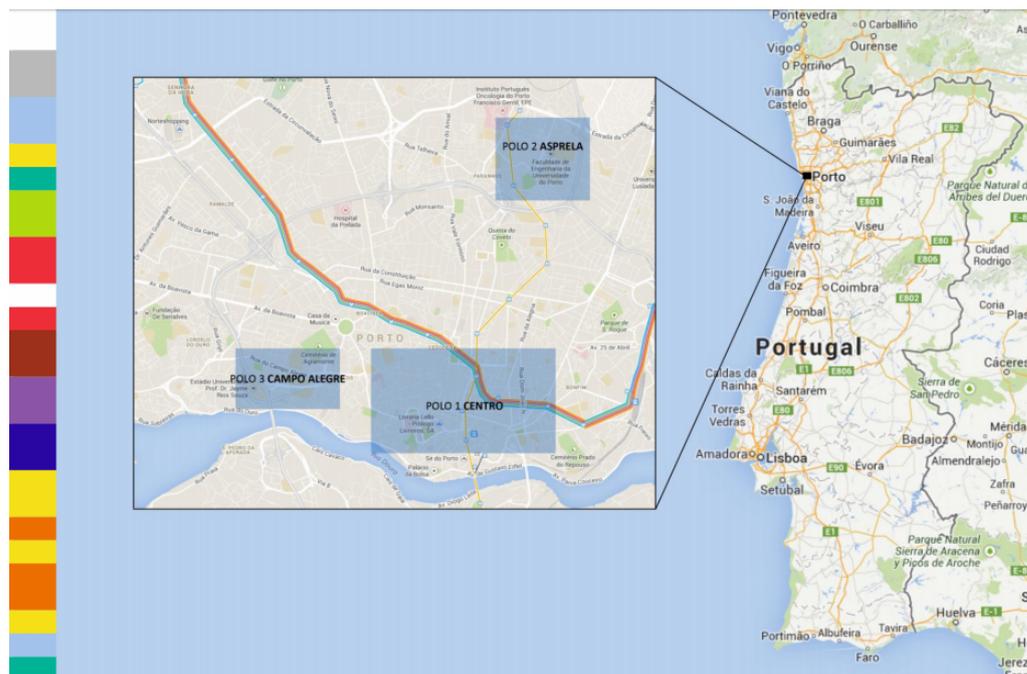


Figura 3.2: Localização geográfica dos diferentes polos da UP

O polo 1 fica no centro do Porto e é constituído por:

- Faculdade de Belas Artes (FBAUP);
- Faculdade de Direito (FDUP);
- Faculdade de Farmácia (FFUP);
- Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar (ICBAS).

O polo 2 fica na Asprela e é constituído por:

- Faculdade de Ciências da Nutrição e Alimentação (FCNAUP);
- Faculdade de Desporto (FADEUP);
- Faculdade de Economia (FEP);
- Faculdade de Engenharia (FEUP);
- Faculdade de Medicina (FMUP);
- Faculdade de Medicina Dentária (FMDUP);
- Faculdade de Psicologia e Ciências de Educação (FCEUP).

O polo 3 fica no Campo Alegre e é constituído por:

- Faculdade de Letras (FLUP);
- Faculdade de Arquitetura (FAUP);
- Faculdade de Ciências (FCUP).

Feito o balanço do ano de 2015 da Universidade do Porto, foi contabilizado um total de 29.921 estudantes inscritos, 2.291 docentes e investigadores e ainda 1.563 não docentes. No que diz respeito à informação financeira, lida-se com valores da ordem dos 222.6 milhões de euros em receitas, sendo 113.1 destes relativos ao orçamento de estado e 109.5 relativos a receitas próprias [28]. Olhando especificamente para os gastos energéticos, em 2014 a UP consumiu eletricidade no valor de 4 031 811 euros, subindo para 4 103 404 euros em 2015.

Como se pode ver, são números altos que, por sua vez requerem uma boa gestão para um bom funcionamento e eficiência de utilização. Assim, surge a necessidade de garantir uma gestão energética e ambiental. Desta forma, em 2015 concluiu-se a implementação do sistema de monitorização dos consumos de energia (eletricidade e gás) em alguns edifícios da UP. Além disso, iniciaram-se os contactos para elaboração dum plano de sustentabilidade energética para a UP (candidatura no âmbito do Programa Portugal2020) [29].

### 3.1.1 As UO em análise em números

Apesar da UP ser constituída por 14 faculdades, apenas foram disponibilizados os dados de algumas. Assim nesta dissertação só são alvo de análise 7 faculdades.

Pólo 1:

- FBAUP e FDUP.

Pólo 2:

- FADEUP, FMDUP e FPCEUP.

Pólo 3:

- FLUP e FAUP.

Para ilustrar melhor a dimensão são de seguida apresentadas as imagens aéreas de cada UO. Além disso, para ser possível uma análise comparativa é necessário ter em conta o número de utilizadores em cada uma das diversas UO em análise. Assim, de seguida são também apresentados os números de estudantes inscritos, pessoal docente (ou de investigação) e pessoal não docente, perfazendo assim o total de utilizadores [30] [31].



Figura 3.3: FADEUP

Tabela 3.1: Número de utilizadores da FADEUP

FADEUP	
Número de alunos inscritos no ano letivo de 2015/2016	1350
Número de pessoal docente e investigador	61
Número de pessoal não docente	24
<b>Total de utilizadores</b>	<b>1435</b>

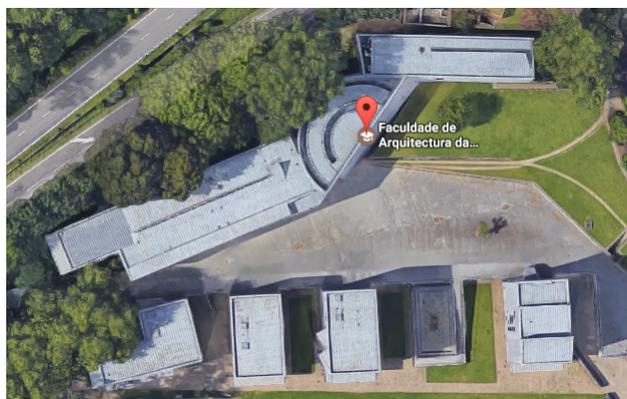


Figura 3.4: FAUP

Tabela 3.2: Número de utilizadores da FAUP

FAUP	
Número de alunos inscritos no ano letivo de 2015/2016	1244
Número de pessoal docente e investigador	69
Número de pessoal não docente	26
<b>Total de utilizadores</b>	<b>1339</b>

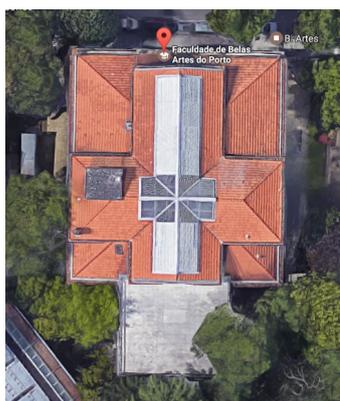


Figura 3.5: FBAUP

Tabela 3.3: Número de utilizadores da FBAUP

FBAUP	
Número de alunos inscritos no ano letivo de 2015/2016	1134
Número de pessoal docente e investigador	58
Número de pessoal não docente	30
<b>Total de utilizadores</b>	<b>1222</b>



Figura 3.6: FDUP

Tabela 3.4: Número de utilizadores da FDUP

FDUP	
Número de alunos inscritos no ano letivo de 2015/2016	1377
Número de pessoal docente e investigador	38
Número de pessoal não docente	16
<b>Total de utilizadores</b>	<b>1431</b>

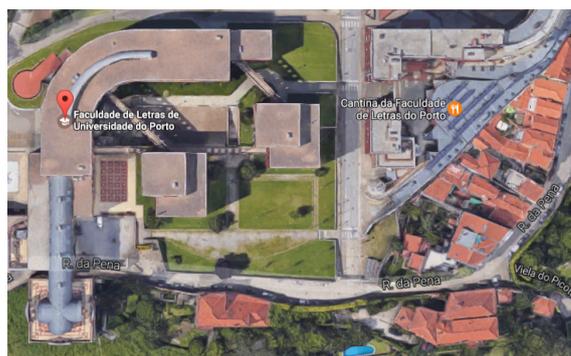


Figura 3.7: FLUP

Tabela 3.5: Número de utilizadores da FLUP

FLUP	
Número de alunos inscritos no ano letivo de 2015/2016	3887
Número de pessoal docente e investigador	171
Número de pessoal não docente	76
<b>Total de utilizadores</b>	<b>4134</b>



Figura 3.8: FMDUP

Tabela 3.6: Número de utilizadores da FMDUP

FMDUP	
Número de alunos inscritos no ano letivo de 2015/2016	452
Número de pessoal docente e investigador	48
Número de pessoal não docente	31
<b>Total de utilizadores</b>	<b>531</b>



Figura 3.9: FPCEUP

Tabela 3.7: Número de utilizadores da FPCEUP

FPCEUP	
Número de alunos inscritos no ano letivo de 2015/2016	1485
Número de pessoal docente e investigador	82
Número de pessoal não docente	37
<b>Total de utilizadores</b>	<b>1604</b>

## 3.2 Caracterização de dados

Como já foi referido, a UP utiliza a ferramenta de monitorização *kisense*. Assim os dados utilizados foram fornecidos pela empresa responsável *VPS (Virtual Power Solutions)*. Na totalidade foi fornecida informação relativa ao consumo de 95 quadros elétricos, divididos entre as várias UO. Assim, a informação é apresentada no mesmo formato em que é utilizada pela empresa, isto é, mantendo a nomenclatura dos quadros elétricos, assim como a sua ordem e agrupamento. Os valores de consumo elétrico foram fornecidos de hora a hora e em kWh.

No que diz respeito à amplitude temporal, alguns dos dados disponibilizados começam desde o início de Fevereiro de 2015, outros só em datas posteriores. No entanto todos os dados fornecidos vão até à data de 7 de Dezembro de 2016 às 14h (sendo o formato de apresentação 07/12/16 14:00). Contudo, é de salientar que alguns apresentam falhas de leitura, ou seja, épocas sem valores a apresentar (sejam algumas horas, alguns dias, ou até alguns meses).

É de notar que alguns nomes apresentados nas tabelas estão entre parênteses, quer isso dizer que são quadros que não foram alvo de qualquer análise por se revelarem irrelevantes após uma primeira verificação de dados. Assim ficaram 83 quadros para a análise do consumo. Feita esta análise, verificou-se que alguns são também irrelevantes para o estudo do desempenho energético da UO. Assim, procedeu-se a outra seleção para análise do desempenho energético. (Este método

de seleção é descrito no capítulo 4.) Desta forma, os nomes a negrito representam os quadros mais significativos, dos quais é apresentado o mais significativo de cada UO no capítulo 5 E, por sua vez, o resultado dos restantes encontram-se em anexo.

Em suma, para análise de consumo selecionaram-se 83 dos 95 quadros totais, eliminando os quadros representados entre parênteses. Para todos os restantes calculou-se o padrão de consumo, comparou-se a média de consumo entre eles e assim para a análise de desempenho selecionaram-se 21 dos 85, representados a negrito.

Além do próprio nome, para cada quadro é apresentada também a data de início de leitura e o valor da leitura mais alta. Esta é útil para se ter uma ideia das grandezas em análise. Estes dados só não são apresentados no caso dos quadros irrelevantes que não foram alvo de análise de consumo.

Tabela 3.8: Quadros elétricos da FADEUP

Nome	Data inicial	Valor máximo
(Q.Elevad. E)	-	-
Q.Ilum. Exterior	[20/06/15 7:00]	0.17 kWh
Q.1.15 N	[20/06/15 7:00]	1 kWh
Q1.11 N	[22/06/15 0:00]	10 kWh
Q1.Coiz N	[20/06/15 7:00]	1 kWh
QC012	[22/06/15 0:00]	13 kWh
<b>QC07(chiller)</b>	[22/06/15 0:00]	17 kWh
<b>QC11</b>	[22/06/15 0:00]	24 kWh
QG0 E	[10/06/15 9:00]	0.5 kWh
QG0 N	[09/06/15 12:00]	0.8 kWh
QG1 E	[10/06/15 9:00]	1.4 kWh
<b>QG1 N</b>	[10/06/15 9:00]	2.4 kWh
QG2 E	[22/06/15 7:00]	0.8 kWh
QG2 N	[10/06/15 9:00]	0.8 kWh

Perfazendo um total de 13 quadros em análise para a FADEUP.

Tabela 3.9: Quadros elétricos da FAUP - Edifício 1

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
QEAC 1	[12/02/15 11:00]	5 kWh
QEAC 4	[12/02/15 11:00]	10 kWh
Qgal	[12/02/15 11:00]	12 kWh
QGG	[12/02/15 11:00]	9 kWh
<b>QGH</b>	[12/02/15 11:00]	16 kWh
QOF	[12/02/15 11:00]	8 kWh

Tabela 3.10: Quadros elétricos da FAUP - Edifício 2

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
QGA	[12/02/15 11:00]	9 kWh
QGB	[12/02/15 11:00]	11 kWh
QGC	[12/02/15 11:00]	11.5 kWh
QGD	[12/02/15 11:00]	9 kWh
QGE	[12/02/15 11:00]	5 kWh
QGF	[12/02/15 11:00]	2.5kWh

Tabela 3.11: Quadros elétricos da FAUP - Edifício 3

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Geral Emergencia</b>	[12/02/15 12:00]	12 kWh
QC Cor Rosa	[12/02/15 12:00]	14 kWh
(QGAE)	-	-
QGBE	[12/02/15 12:00]	9 kWh
(QGCE)	-	-
QGDE	[12/02/15 12:00]	2.5 kWh

Tabela 3.12: Quadros elétricos da FAUP - Edifício 4

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Geral</b>	[12/02/15 13:00]	114 kWh
QGEE	[12/02/15 13:00]	1.03 kWh
QGFE	[12/03/15 11:00]	1.5 kWh
QGHE	[12/03/15 11:00]	2.1 kWh

Perfazendo um total de 20 quadros em análise para a FAUP.

Tabela 3.13: Quadros elétricos da FBAUP - Edifício 1

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
(Q 1º Andar)	-	-
(Q 2º Andar)	-	-
Q Bar	[18/02/15 9:00]	13 kWh
<b>QGBT1</b>	[18/02/15 9:00]	200 kWh
QGBT2	[18/02/15 9:00]	27 kWh
QGPA	[18/02/15 9:00]	20 kWh

Tabela 3.14: Quadros elétricos da FBAUP - Edifício 2

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Geral</b>	[18/02/15 9:00]	101 kWh
Q. AVAC	[18/02/15 9:00]	8 kWh
<b>Q. Cozinha</b>	[18/02/15 9:00]	36 kWh
Q.P.0	[18/02/15 9:00]	11 kWh
Q.P.1	[18/02/15 9:00]	9 kWh
Q.P.2	[18/02/15 9:00]	8 kWh
Q.P.3	[18/02/15 9:00]	10 kWh

Tabela 3.15: Quadros elétricos da FBAUP - Edifício 3

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
(Q. cave)	-	-
QP 1.3	[26/09/16 17:00]	24.5 kWh
QP 1.3.1	[26/09/16 17:00]	11.5 kWh

Perfazendo um total de 13 quadros em análise para a FBAUP.

Tabela 3.16: Quadros elétricos da FDUP

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Entrada QG</b>	[04/02/15 16:00]	7 kWh
(Q. Bar)	-	-
<b>Q. Bib</b>	[04/02/15 15:00]	8 kWh
(Q.A.E. (1, 2 e 3))	-	-
<b>Q.E. AVAC (QUIM)</b>	[04/02/15 15:00]	8 kWh

Perfazendo um total de 3 quadros em análise para a FDUP.

Tabela 3.17: Quadros elétricos da FLUP - Edifício 1

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Geral</b>	[10/02/15 09:00]	179 kWh
QC Bombagem	[12/02/15 16:00]	2 kWh
QGA	[12/02/15 16:00]	13 kWh
QGB	[12/02/15 16:00]	13 kWh
<b>QGC</b>	[12/02/15 16:00]	144 kWh

Tabela 3.18: Quadros elétricos da FLUP - Edifício 2

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
(Contador N°9)	-	-
Q. Emergencia	[12/02/15 16:00]	55 kWh
QGC-1	[12/02/15 16:00]	33 kWh
QGC-2	[12/02/15 16:00]	0.4 kWh
UPS	[12/02/15 16:00]	15 kWh

Tabela 3.19: Quadros elétricos da FLUP - Edifício 3

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
Q. Bar Alunos	[13/02/15 14:00]	20 kWh
Q. Repro	[12/02/15 16:00]	12 kWh
QG1	[12/02/15 16:00]	24 kWh
<b>QG2</b>	[13/02/15 14:00]	103 kWh
QG3	[12/02/15 16:00]	22 kWh
QG4	[13/02/15 14:00]	58 kWh
QG5	[12/02/15 16:00]	15 kWh
QG6	[12/02/15 16:00]	213 kWh

Perfazendo um total de 17 quadros em análise para a FLUP.

Tabela 3.20: Quadros elétricos da FMDUP - Edifício 1

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>CG</b>	[24/06/15 18:00]	186 kWh

Tabela 3.21: Quadros elétricos da FMDUP - Edifício 2

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
<b>Compressor</b>	[24/06/15 18:00]	49 kWh
Q2 E	[24/06/15 18:00]	12 kWh
Q3 E	[24/06/15 18:00]	8 kWh
QIT1 E	[23/06/15 14:00]	0.8 kWh
QIT1 R	[23/06/15 14:00]	5.2 kWh
<b>QIT2</b>	[23/06/15 14:00]	26 kWh

Tabela 3.22: Quadros elétricos da FMDUP - Edifício 3

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
QA R	[24/06/15 18:00]	2.8 kWh
Qbar E	[24/06/15 18:00]	0.8 kWh
Qbar R	[24/06/15 18:00]	30.4 kWh

Tabela 3.23: Quadros elétricos da FMDUP - Edifício 4

---

<b>Nome</b>	<b>Data inicial</b>	<b>Valor máximo</b>
Chiller	[17/04/15 23:00]	2 kWh

Perfazendo um total de 11 quadros em análise para a FMDUP.

Tabela 3.24: Quadros elétricos da FPCEUP- Edifício 1

Nome	Data inicial	Valor máximo
(QEAC3.1 N)	-	-
(QECF N)	-	-
(QECT N)	-	-
<b>QGBT N</b>	[26/02/15 11:00]	130 kWh
<b>QP0</b>	[26/02/15 11:00]	43 kWh
QP1	[26/02/15 11:00]	32 kWh
<b>QP2</b>	[26/02/15 11:00]	34 kWh

Tabela 3.25: Quadros elétricos da FPCEUP - Edifício 2

Nome	Data inicial	Valor máximo
Qbar N	[26/02/15 11:00]	11.2 kWh
Qcoz N	[26/02/15 11:00]	24.2 kWh

Perfazendo um total de 6 quadros em análise para a FPCEUP.

Ao longo da dissertação será usada nomenclatura como FPCEUP1 ou FPCEUP2, correspondente à localização do quadro elétrico em questão, conforme apresentado nas tabelas anteriores. Tal como referido, a razão para tal é apenas respeitar a organização da informação cedida pela empresa.

É necessário salientar que não foi possível obter os esquemas das ligações elétricas, assim o tratamento de dados não terá em atenção as devidas ramificações das unidades de medição.

### 3.2.1 Dificuldades inerentes aos dados

A primeira dificuldade encontrada foi o facto de não se estar a lidar com dados agregados. Posto isto, surgiu ainda a dificuldade em os agregar devido às falhas e diferenças temporais nas leituras dos diferentes quadros. Ou seja, não foi possível fazer uma análise do desempenho energético global de cada UP, mas sim dos quadros individualmente.

É importante salientar que também houveram algumas dificuldades relativas ao tratamento de dados. Alguns apresentavam falta de uniformidade, e/ou várias oscilações bruscas e de curta duração resultantes de possíveis erros de medição. Outros apresentavam valores nulos ao longo de

várias medições, muitas vezes associados a manobras de manutenção. Por outro lado, segundo a empresa, a falta de manutenção originou também alguns valores que não correspondem à realidade, como é o caso das oscilações.

Desta forma, alguns dados tiveram de ser alvo de um processo de filtro de oscilações. Esta situação, apesar de ser um mal menor cria um erro nos valores calculados. Além disso, nem todos os valores fornecidos puderam ser alvo de análise. Alguns foram considerados como residuais devido aos valores tão reduzidos e não relevantes para o estudo em questão. Assim, mais uma vez é de salientar que os nomes apresentados nas tabelas anteriores entre parênteses, representam os quadros que não foram alvo de análise, seja por erros ou por valores residuais. No próximo capítulo é então explicada a metodologia utilizada para o tratamento de dados.



## Capítulo 4

# Metodologia de tratamento de dados

### 4.1 Abordagem

Neste capítulo é abordada a forma de tratamento de dados. Isto é, todo o processo envolvente desde a sua recolha até à obtenção dos resultados finais. É importante salientar que todo o tratamento de dados foi feito com recurso à ferramenta do *Microsoft Excel*. Assim sendo, ao longo do presente capítulo é explicado com detalhe o tratamento efetuado e os cálculos envolvidos. Para auxiliar na compreensão é mostrado um exemplo dos resultados em cada etapa, sendo que os resultados obtidos para análise serão apresentados no capítulo seguinte.

Pois bem, primeiro começou por se analisar os dados fornecidos, para verificação de erros ou irregularidades de leitura. Posto isto, procedeu-se ao pré processamento dos mesmos, que se baseou no filtro de valores com erro. Além disso, definiu-se a condição de funcionamento das UO, importante para distinguir os dois casos nas análises futuras. Assim, seguiu-se o tratamento de dados através do cálculo de médias de consumo e o seu desvio padrão, necessários para os cálculos das etapas seguintes.

A partir deste ponto, o tratamento dividiu-se entre uma vertente geral e uma vertente específica. Na primeira, os cálculos são referentes às UO na sua globalidade, tendo-se calculado o consumo médio em cada UO (diário e mensal), e de seguida o consumo médio diário por pessoa em cada uma. Por sua vez, na vertente específica, os cálculos foram feitos para cada um dos quadros em análise de cada UO. Assim, começou por se definir o padrão de consumo em cada um (diário e mensal). Daqui foi possível fazer uma comparação do consumo médio entre os vários quadros duma dada UO. Por fim, foi verificado o desempenho energético de cada quadro considerado como relevante para o estudo (ao longo dos meses de leitura).

É de notar que apesar de se ter calculado o padrão de consumo para todos os 83 quadros em análise, como o número de dados é bastante elevado, só são apresentados os resultados dos que se revelaram pertinentes. Para determinar essa relevância usou-se a comparação do consumo médio entre os vários quadros na UO.

Para facilitar a compreensão do processo, o seguinte diagrama ilustra a metodologia utilizada após o acesso aos dados até à obtenção dos resultados pretendidos, sendo que ao longo do presente capítulo as várias etapas são explicadas com mais detalhe.

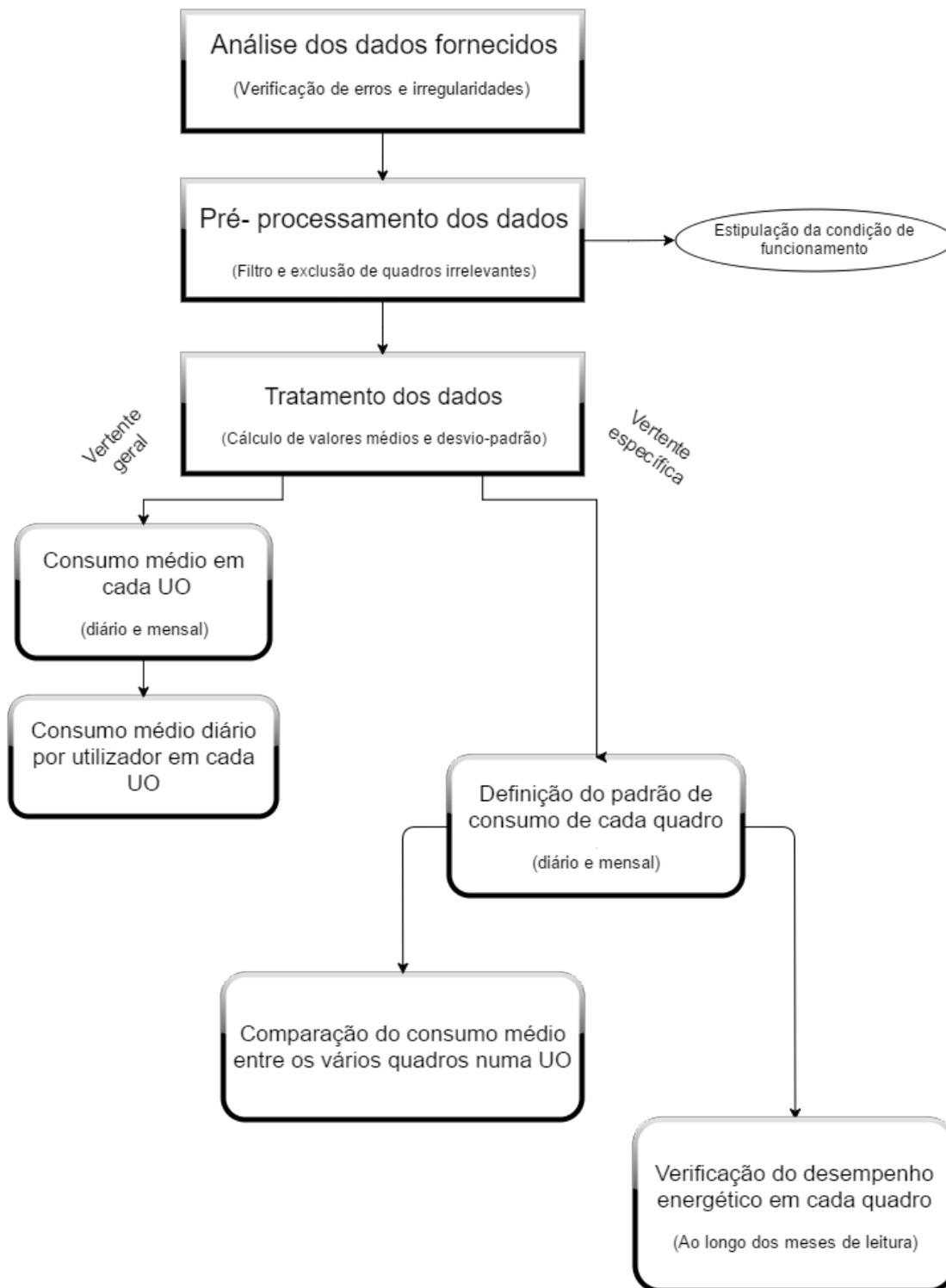


Figura 4.1: Diagrama da metodologia

### 4.1.1 Pré-processamento dos dados

Como já foi referido, numa primeira instância, procedeu-se ao filtro das oscilações presentes nos dados. Dos 95 quadros elétricos fornecidos, teve que se proceder ao filtro de 23, ou seja, a quase 25%. Ora, este processo baseou-se em colocar o valor 0 nas horas em que valor discrepante ocorria.

Optou-se por substituir pelo valor 0 (e não um valor médio do consumo) pela simplicidade. Além disso, devido à grande quantidade de dados, o erro causado considera-se pouco significativo para a análise a ser feita.

Nas Figuras 4.2 e 4.3 é possível verificar a diferença entre os dados iniciais e os dados filtrados.

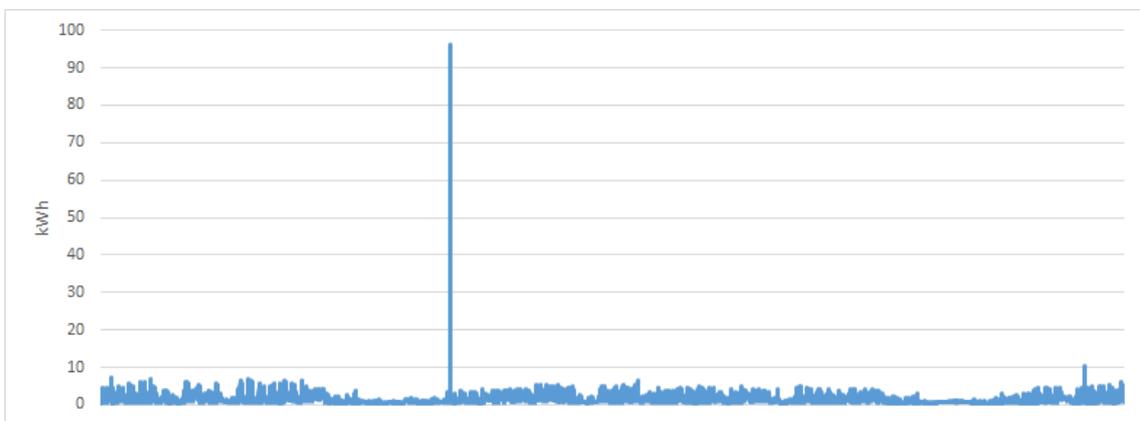


Figura 4.2: Exemplo dos dados iniciais de um quadro elétrico da FAUP (FAUP1 - QEAC 1)

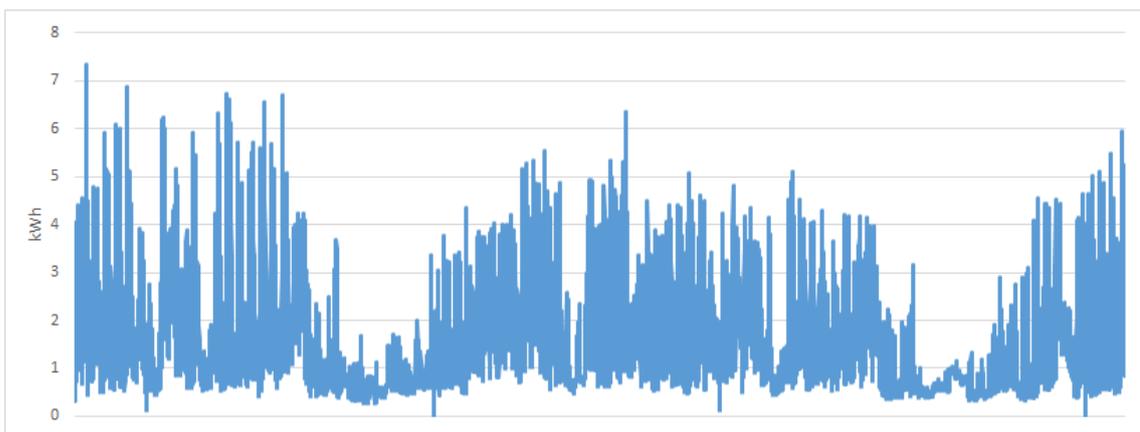


Figura 4.3: Exemplo dos dados filtrados de um quadro elétrico da FAUP (FAUP1 - QEAC 1)

Posto isto, para se proceder à devida análise da informação, alguns quadros elétricos foram considerados irrelevantes para o estudo devido aos seus valores residuais. Seja como exemplo o da Figura 4.4.

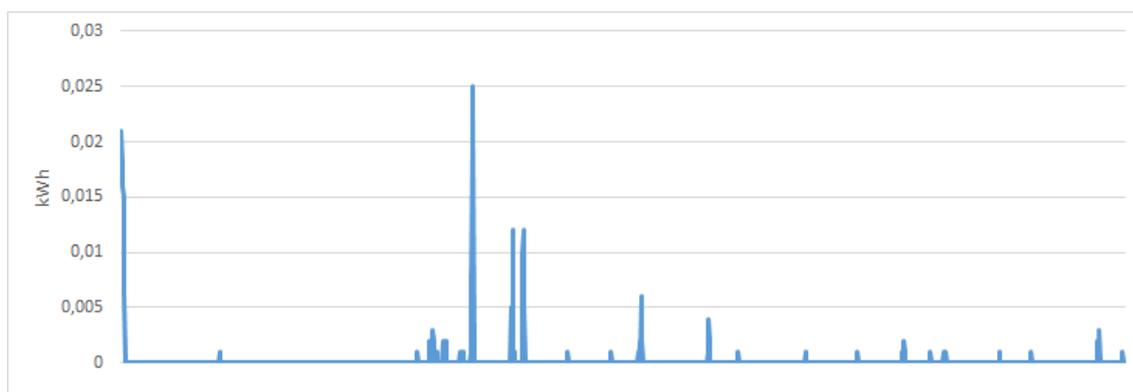


Figura 4.4: Exemplo dos dados considerados irrelevantes de um quadro elétrico da FBAUP (FBAUP3 - Q. cave)

Após esta seleção ficaram para alvo de análise 83 quadros elétricos, ou seja, cerca de 87% dos fornecidos. Na tabela 4.1 estão contabilizados os números de quadros analisados referentes a cada UO. A divisão e nomenclatura respeitam a informação cedida pela empresa.

Tabela 4.1: Quadros alvo de análise

UO	FADEUP	FAUP				FBAUP			FDUP	FLUP			FMDUP		
		1	2	3	4	1	2	3		1	2	3	1	2	
Edifício															
Quadros em análise	13	6	6	4	4	4	7	2	3	5	4	8	1	6	
Total	13	20				13			3	17			11		

#### 4.1.2 Estipulação da condição de funcionamento

Para a análise de dados foi tida em consideração a existência de duas situações: "com funcionamento" ou "sem funcionamento" das UO.

A condição de "sem funcionamento" inclui os dias em que a UO se encontra encerrada, sejam esses dias que se inserem nas seguintes categorias: fins-de-semana, feriados e períodos de férias de todos os utilizadores da UO. Ou seja, quando não há aulas e os serviços estão encerrados. No entanto é de salientar que nestes dias a UO pode continuar a ser frequentada mediante a devida autorização. Assim, para o intervalo dos dados fornecido pela empresa, foi feito um calendário com estes dias e atribuído o valor 0 à condição de funcionamento nos dados correspondentes a esses mesmos dias.

Para a condição "com funcionamento", ou seja, em período de aulas, foi atribuído o valor 1. Contudo, apesar de a análise ser feita em conjunto, dentro da condição "com funcionamento", foi feita a distinção dos dias em que não há aulas, mas os serviços da UO encontram-se a funcionar

(período de férias apenas dos alunos). Para este caso, foi atribuído o valor 2. É de notar que na condição "com funcionamento" o mês de Agosto nunca foi considerado. Em suma, sempre que se quer calcular algo consoante o estado de funcionamento da UO, vai-se verificar qual o valor condição da condição atribuída.

Assim sendo, na Figura 4.5 é possível analisar o consumo elétrico dependendo do tipo de funcionamento em questão.

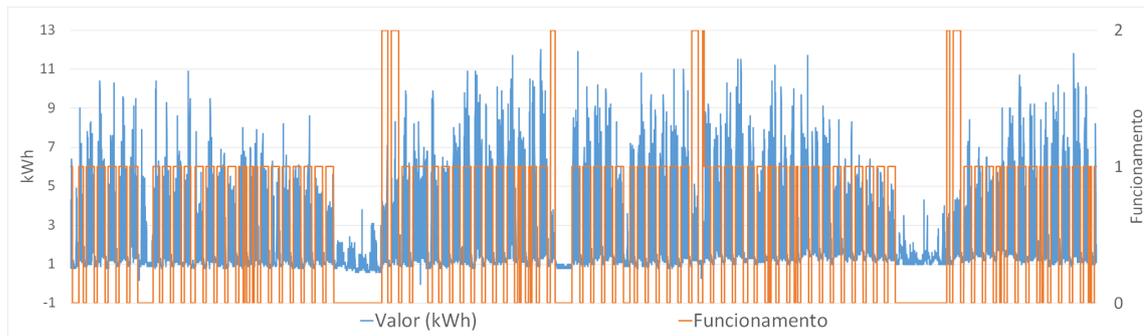


Figura 4.5: Exemplo dos dados de consumo de um quadro elétrico da FLUP e condição de funcionamento

É possível identificar três largos períodos com a condição de funcionamento a 0 (mês de Agosto, período do Natal e novamente mês de Agosto), correspondentes efetivamente a um período de consumo mais reduzido. Devido à compressão da Figura não é fácil de observar, mas nos fins de semana também se identificou uma redução de consumo, tal como seria de esperar. Além disso, é também possível verificar que no funcionamento 2, o consumo é mais reduzido que nos dias de funcionamento 1. Este período é correspondente por exemplo à primeira semana de Setembro ou à altura da Páscoa.

Esta análise foi feita para todos os 83 quadros elétricos, no entanto é meramente ilustrativa, na medida que apenas serve para observar o comportamento do consumo elétrico de cada quadro consoante o funcionamento da UO.

### 4.1.3 Tratamento base dos dados

Para ser possível chegar os resultados pretendidos foi necessário fazer um tratamento base dos dados até ao momento. Ora, este baseou-se no cálculo da média e do desvio-padrão dos valores de consumo hora a hora e também dos consumos por mês. Sendo feito para os 83 quadros elétricos.

Pois bem, para se obter a média foram tidos em conta alguns critérios, tais como a hora e o mês em análise, assim como a condição de funcionamento. Por outras palavras, foi feita a média dos consumos em  $x$  hora e em  $x$  mês. Com o cálculo a ser feito para os dois tipos de funcionamento estipulados.

Já para calcular o desvio padrão, usou-se a seguinte equação:

$$\sigma = \sqrt{E(x^2) - E(x)^2} \quad (4.1)$$

,com  $E(x)$  = valor esperado.

Assim foi possível mostrar o quanto de variação existe em relação à média dos consumos. Ora, tanto a média como o desvio padrão calculados, foram a base das próximas etapas, nomeadamente do cálculo do padrão de consumo e do desempenho energético.

Como foram alvo de análise 83 ficheiros, nas seguintes tabelas é apenas ilustrada a forma como se obtiveram estes dados para um deles.

Tabela 4.2: Exemplo da análise diária relativa ao quadro FMDUP2 - Q2 E

(em kWh)	<b>C/ funcionamento</b>		<b>S/ funcionamento</b>	
hora	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
0	0,51	0,40	0,48	0,38
...	...	...	...	...
12	4,05	2,21	0,72	0,84
...	...	...	...	...
23	0,53	0,41	0,44	0,34

Tabela 4.3: Exemplo da análise mensal relativa ao quadro FMDUP2 - Q2 E

(em kWh)	<b>C/ funcionamento</b>		<b>S/ funcionamento</b>	
mês	Média	Desvio-Padrão	Média	Desvio-Padrão
1	2,42	2,51	0,52	0,38
...	...	...	...	...
12	2,70	2,18	1,05	1,13

#### 4.1.4 Consumo médio de cada UO

Uma vez que a informação de cada UO está dividida pelos vários quadros elétricos (previamente descritos), para analisar o consumo na sua totalidade seria necessário ter os valores agregados. Ou seja, seria necessário somar os valores de consumo hora-a-hora de cada quadro, de forma a chegar a um consumo geral. No entanto, tal não foi possível principalmente por duas grandes adversidades.

Primeiramente, o intervalo de dados dos vários quadros duma dada UO não era igual, ou seja, nem todos começavam na mesma data. Esta dificuldade poderia ser contornada, usando para o intervalo mais curto do quadro em questão dessa UO. Contudo, existe ainda o problema das interrupções nas leituras. Essas são individuais a cada quadro, ou seja, não acontecem no mesmo ponto de leitura. E nem todos apresentam a mesma quantidade anomalias. Ou seja, iria resultar numa análise nada realista devido a essas falhas individuais ao longo do tempo nos vários quadros.

Assim, para uma análise coerente, a solução encontrada para chegar aos valores agregados, foi através das médias de consumo (por hora e por mês) de cada quadro. Neste caso, como se está a trabalhar com médias, é de notar o erro associado a tal. Ou seja, é necessário ter em conta que o uso da média esconde possíveis erros, diminuindo assim o impacto de alguns valores. No entanto, neste caso o seu uso pode ser positivo, uma vez que o facto de diminuir o impacto de valores pontuais discrepantes é favorável nesta da análise.

Posto isto, tendo  $x$  quadros em cada UO, para cada uma somou-se o valor da média de consumo de cada quadro em cada hora, tal como descrito na equação 4.2.

$$\text{Consumo médio da UO por dia} = \sum_{n=1}^x \text{Média do consumo em } n \text{ (em cada hora)} \quad (4.2)$$

,com  $x$ = número de quadros em análise e  $n$ = quadro.

Assim, foi possível traçar ao gráfico que ilustra o consumo diário da UO. Feito para as duas condições de funcionamento. Na Figura 4.6 é ilustrado um exemplo do resultado obtido apenas para o caso de funcionamento no caso da FAUP.

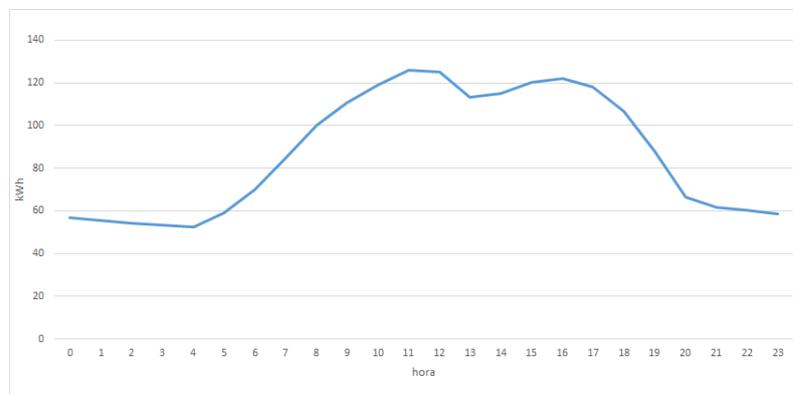


Figura 4.6: Exemplo do consumo médio por dia no caso da FAUP

Por outro lado, somou-se o valor da média de consumo de cada quadro em cada mês, tal como descrito na equação 4.3.

$$\text{Consumo médio da UO mensal} = \sum_{n=1}^x \text{Média do consumo no quadro } n \text{ (em cada mês)} \quad (4.3)$$

,com  $x$ = número de quadros em análise e  $n$ = quadro.

Desta forma, foi possível traçar o gráfico que ilustra o consumo mensal da UO. Feito também para as duas condições de funcionamento. Na Figura 4.7 é ilustrado um exemplo do resultado obtido apenas para o caso de funcionamento no caso da FAUP.

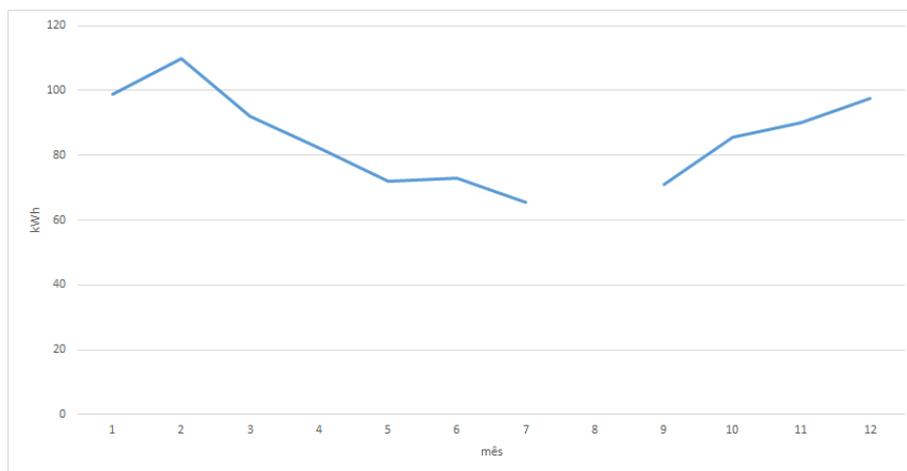


Figura 4.7: Exemplo do consumo médio por mês no caso da FAUP

#### 4.1.4.1 Comparação do consumo entre as várias UO

Tendo a média do consumo geral em cada UO por hora e por mês, é então possível comparar o consumo entre as mesmas, através da comparação das suas médias em cada hora ou mês, respetivamente. Assim, para esta comparação foram traçados gráficos com os valores de consumo das várias UO por hora e por mês, nos dois casos de funcionamento. Na Figura 4.8 é ilustrada o gráfico obtido para a comparação no caso da média do consumo por dia na condição "com funcionamento".

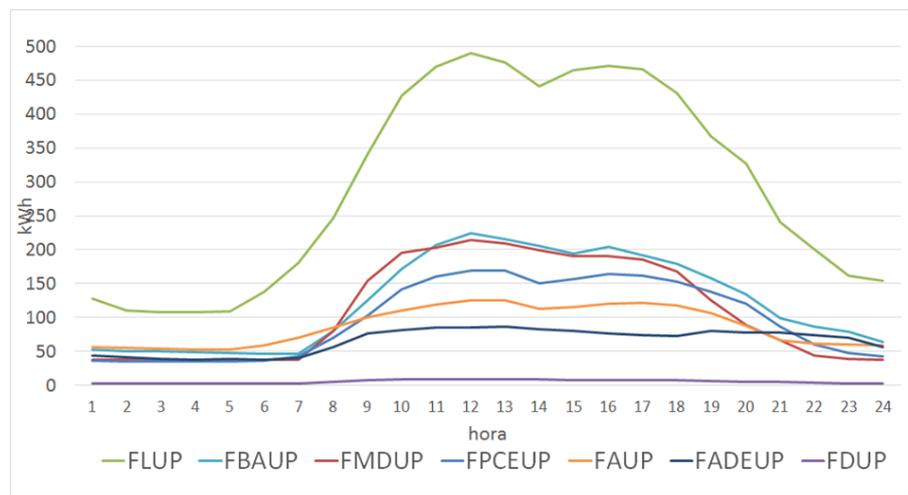


Figura 4.8: Exemplo de comparação da média do consumo por dia entre as várias UO

No entanto, esta comparação é só para efeitos de grandeza, já que é necessário ter em conta a proporcionalidade dos dados, isto é, a área da UO, utilizadores esperados, entre outros fatores. Ora, sendo complicado analisar áreas, números de máquinas, ou outros parâmetros, o mais intuitivo é analisar o consumo com base no número de utilizadores esperado, introduzindo assim a necessidade da etapa descrita na próxima subsecção.

#### 4.1.5 Consumo diário médio por pessoa em cada UO

Para calcular o consumo por pessoa primeiro calculou-se a média do consumo das várias horas em cada UO, ou seja, o valor médio de consumo num dia. Posto isto, recorreu-se aos dados do número total de utilizadores apresentados na subsecção 3.1.1. Ou seja, à soma do número alunos inscritos, de docentes e pessoal de investigação, e ainda de pessoal não docente. Desta forma, o cálculo foi feito tal como descrito na equação 4.4.

$$\text{Consumo médio diário por utilizador na UO} = \frac{\text{Média do consumo diário na UO}}{\text{Número total de utilizadores em cada UO}} \quad (4.4)$$

Após este cálculo é então possível uma análise comparativa entre os valores de consumo diário por pessoa nas várias UO. Contudo, é interessante ter um valor de referência, com o intuito de verificar se o consumo por pessoa numa UO específica é maior do que esta. Assim, para esta referência, como descrito na equação 4.5, foram somadas as médias de consumo de todas as UO e dividido esse valor pelo total de utilizadores de todas as UO.

$$\text{Consumo médio global diário por utilizador} = \frac{\sum_{n=1}^X \text{Média do consumo diário em } n}{\sum_{n=1}^X \text{Número total de utilizadores em } n} \quad (4.5)$$

,com  $x$ = número de UO em análise e  $n$ = UO.

Esta análise só foi feita para o caso da condição de "com funcionamento" uma vez que é nesta condição em que o número esperado de utilizadores é o total calculado.

#### 4.1.6 Definição do padrão de consumo de cada quadro elétrico

Primeiramente é necessário referir que precisamente devido à dificuldade anteriormente referida sobre a agregação de dados, após este ponto a análise é feita especificamente a cada quadro elétrico. Assim sendo, a definição dos padrões de consumo foi feita individualmente para cada um e não para a UO como um todo.

Pois bem, para se definir o padrão de consumo usou-se uma medida de localização denominada de quantil. Ora, o quantil  $Q_p$  de ordem  $p$ , com  $0 < p < 1$ , é tal que  $(100p)\%$  dos elementos da amostra são menores ou iguais a  $Q_p$ . Assim, os valores usados para esta análise foram os do quantil de 0.1, 0.5 e 0.9. O primeiro e último permitem a visualização de casos extremos e o de 0.5 a mediana. Na Figura 4.9 é ilustrado o exemplo da gama de valores no caso do quantil de 0.9.

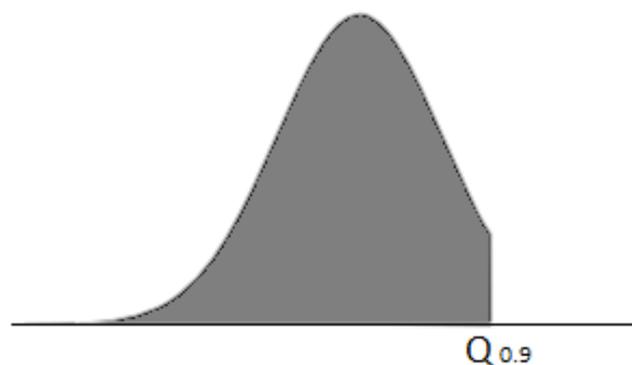


Figura 4.9: Exemplo da gama de valores possíveis para a análise do quantil de 0.9

Posto isto, para se obterem os valores de consumo associados a estes três quantis foi utilizado inverso da distribuição acumulada normal para uma dada média e desvio-padrão. Sendo que estes já foram calculados anteriormente (etapa descrita na subsecção 4.1.3).

Como o objetivo era chegar ao padrão diário e ao padrão mensal, para cada hora e para cada mês, foi calculado o respectivo valor de consumo associado a cada um dos quantis. Por outras palavras, a coluna calculada com a probabilidade 0.1 ( $P=0.1$ ), diz que 10% dos valores (para a dada hora ou mês) são menores ou iguais ao valor calculado. A coluna calculada com a probabilidade 0.5 ( $P=0.5$ ), diz que 50% dos valores são menores ou iguais ao valor calculado. Acontecendo o mesmo para o caso de  $P=0.9$ .

Este cálculo, além de foi feito para o consumo por dia e para o consumo mensal, foi mais uma vez feitos nas duas condições de funcionamento. A tabela 4.4 ilustra o exemplo dos resultados obtidos para o caso diário um dos quadros elétricos da FLUP.

Tabela 4.4: Exemplo da análise diária relativa ao quadro FLUP2 - UPS

(em kWh)	C/ funcionamento			S/ funcionamento		
	hora	P=0.1	P=0.5	P=0.9	P=0.1	P=0.5
0	6,57	7,3	8,02	6,54	7,3	8,08
...	...	...	...	...	...	...
12	6,68	7,43	8,18	6,59	7,3	8,06
...	...	...	...	...	...	...
23	6,59	7,33	8,08	6,6	7,33	8,07

Analogamente obtiveram-se os valores para o caso mensal, tal como exemplificado na tabela 4.5 para o mesmo quadro.

Tabela 4.5: Exemplo da análise mensal relativa ao quadro FLUP2 - UPS

(em kWh)	C/ funcionamento			S/ funcionamento		
	mês	P=0.1	P=0.5	P=0.91	P=0.1	P=0.5
1	6,9	7,27	7,6	6,9	7,21	7,52
...	...	...	...	...	...	...
6	6,64	7,33	8,01	6,72	7,35	7,99
...	...	...	...	...	...	...
12	7,08	7,53	7,98	6,97	7,38	7,8

É importante referir que em algumas situações, os valores obtidos para o quantil 0.1 deram negativos. Facto este que pode acontecer quando se está a trabalhar com distribuição normal acumulada que não é simétrica. Contudo, para efeitos duma análise correta, a situação foi retificada colocando os valores negativos a zero.

Pois bem, esta informação faz mais sentido quando ilustrada graficamente. Assim, com os dados obtidos anteriormente foi possível ilustrar o perfil diário e mensal de consumo dos vários quadros. Ou seja, é possível visualizar o intervalo de maior probabilidade para os consumos. Na Figura 4.10 e na 4.11 é exemplificado o resultado para o caso de um quadro da FLUP.

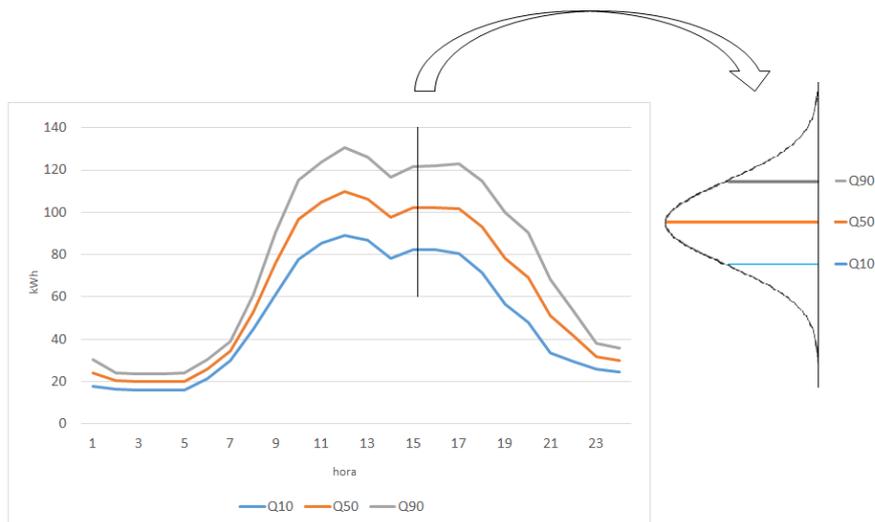


Figura 4.10: Exemplo do perfil diário com funcionamento relativo ao quadro FLUP1 - QGC

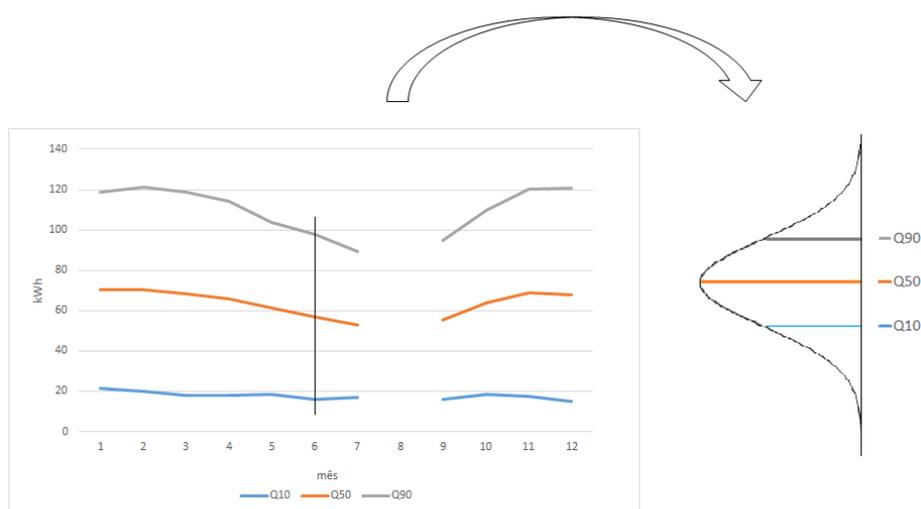


Figura 4.11: Exemplo do perfil mensal com funcionamento relativo ao quadro FLUP1 - QGC

É de notar que nos gráfico o quantil de 0.1, 0.5 e 0.9, é representado com a nomenclatura de Q10, Q50 e Q90, respetivamente. Desta forma, para os diversos quadros em análise foi obtido o perfil diário e mensal de consumo, à semelhança dos exemplos. Os resultados para os diversos quadros serão então mostrados no próximo capítulo.

#### 4.1.7 Comparação do consumo médio entre quadros elétricos em cada UO

Como os quadros apresentam diferentes grandezas de consumo, é interessante analisar e comparar o consumo médio dos mesmos em cada UO. Assim é possível verificar qual ou quais têm um consumo maior e dar uma importância proporcional para a posterior análise do desempenho energético.

Este cálculo foi feito apenas para os valores de consumo diários, uma vez que é neste caso que a análise se revela mais interessante. Além disso, apesar da análise na condição "com funcionamento" se revelar mais interessante, o cálculo foi feito nas duas condições, a fim de ser possível verificar se o consumo se mantém na mesma ordem de grandeza em ambos os casos.

Assim sendo, calculou-se a média diária com base nos valores de consumo obtidos na subsecção 4.1.6, ou seja, utilizaram-se os valores do quantil de 0.5 obtidos por hora. É de notar que se optou por usar estes ao invés dos próprios valores médios por hora, dado que a mediana atenua o efeitos de alguns valores, caso se trate de uma distribuição não simétrica. Desta forma, foi calculado o valor médio diário, para o qual 50% dos elementos são menores ou iguais. Ora, tendo este valor para os vários quadros de cada UO, é possível fazer uma análise comparativa entre o seu consumo.

Assim, para cada UO foi então traçado o gráfico para se poder visualizar quais os quadros com maior consumo. Na Figura 4.12 é ilustrado o exemplo para o caso da FMDUP.

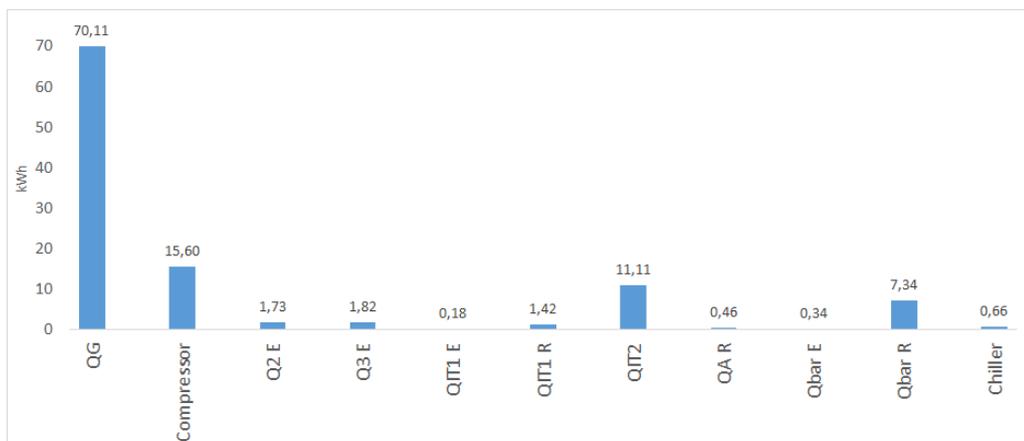


Figura 4.12: Exemplo da comparação do consumo médio entre quadros relativos à FMDUP (no caso "com funcionamento")

Desta forma, foram assim determinados os quadros cuja análise tem mais interesse. Ou seja, de entre os 83 possíveis, foi possível fazer a seleção dos resultados a analisar, reduzindo o número para 21 quadros no total. Os escolhidos são os representados a negrito nas tabelas representativas dos quadros elétricos apresentadas na secção 3.2. No entanto devido ao excessivo número de gráficos obtidos, no capítulo 5 optou-se por se apresentar o mais significativo em cada UO.

#### 4.1.8 Verificação do desempenho energético de cada quadro elétrico

Conforme referido anteriormente na subsecção 4.1.6, houve uma dificuldade em agregar dados, assim para uma análise coerente e fiável optou-se por se verificar o desempenho energético de cada quadro individualmente. Ora, tendo já sido definido o consumo médio de cada quadro, é possível direcionar a atenção para aquele, ou aqueles que maior consumo médio apresentam numa dada UO.

Pois bem, para se definir o desempenho energético voltou-se a usar o quantil. Mas desta vez, este calculou-se para cada valor de consumo fornecido, por cada hora ao longo de toda a leitura. Assim, se por exemplo, para o quadro  $n$  no dia 6 de Dezembro de 2015 às 8h, o consumo foi 7 kWh e deu um quantil 0.6, quer dizer que há 60% de probabilidade de às 8h o consumo ser igual ou inferior aos 7 kWh.

Ora, como o objetivo é ter o desempenho energético ao longo dos vários meses de leitura, calculou-se a média do quantil para cada mês de cada ano (se aplicável). Este cálculo foi feito verificando o critério do mês e do ano nos valores do quantil obtidos para todas as horas do período de leitura anteriormente calculado.

Assim chegou-se ao quantil médio geral por cada mês da leitura de dados. No entanto, como o objetivo é verificar o desempenho energético nas duas condições de funcionamento, foi determinado o quantil médio em cada uma verificando, a condição de funcionamento. Como resultado foi obtida uma tabela à semelhança da apresentada de seguida.

Tabela 4.6: Exemplo de valores médios do quantil por mês (em cada ano) relativo ao quadro FDUP-Entrada QG

Mês	Ano	Q médio geral	Q médio c/ funcionamento	Q médio s/ funcionamento
Fev	2015	0.72	0.76	0.73
...	...	...	...	...
Dez	2016	0.59	0.73	0.50

Assim, é possível traçar o gráfico que ilustra o desempenho energético, tal como mostrado na Figura 4.13 para um dos quadros da FDUP. É de notar que como referencia usada é usada a probabilidade 0.5. Esta opção tem uma limitação óbvia, uma vez que põe em igualdade todos os meses e na realidade sabe-se que o consumo varia ao longo do ano (especialmente de forma sazonal).

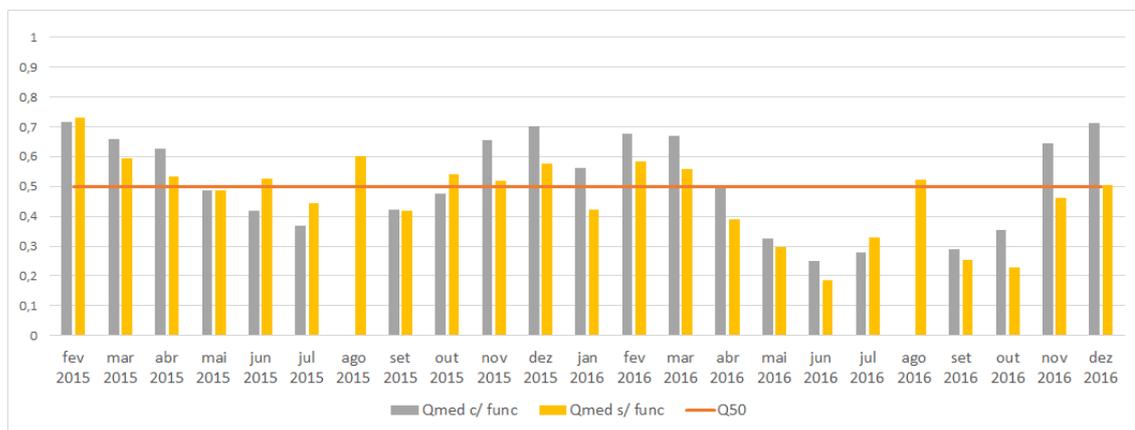


Figura 4.13: Exemplo do desempenho energético relativo ao quadro FDUP -Entrada QG

Posto isto, no capítulo seguinte são apresentados os resultados obtidos e selecionados pelos métodos anteriormente descritos.



## Capítulo 5

# Análise de Resultados

Primeiramente são apresentados os resultados obtidos na vertente global. Ou seja, o consumo médio de cada UO, obtido pela soma das médias do consumo de todos os quadros que a esta dizem respeito. A informação a apresentar relativa a cada UO é a seguinte:

- Consumo médio diário "com funcionamento";
- Consumo médio diário "sem funcionamento";
- Consumo médio mensal "com funcionamento";
- Consumo médio mensal "sem funcionamento".

Posto isto, é apresentada uma comparação entre o consumo médio das várias UO. Sendo que esta também é feita para o consumo médio diário e mensal, nas duas condições de funcionamento. No entanto, para ser possível uma comparação tendo em conta a devida proporcionalidade, obtiveram-se os valores do consumo médio por utilizador em cada UO.

Por sua vez, os resultados da vertente específica são apresentados divididos pelas suas respectivas UO. É de notar que a sua ordem de apresentação difere da ordem da metodologia. Ou seja, ao invés de apresentar o padrão de consumo de cada quadro e depois a comparação do consumo de cada contador que daí advém, é apresentada primeiro essa comparação. Esta troca na ordem de apresentação tem como objetivo uma sequencia mais lógica para a análise de resultados. Assim, para cada UO começa por se poder visualizar quais os quadros com maior consumo. Posto isto, para o que apresenta maior consumo médio diário (no caso da condição "com funcionamento") é apresentada a seguinte informação:

- padrão de consumo diário "com funcionamento";
- padrão de consumo diário "sem funcionamento";
- padrão de consumo mensal "com funcionamento";
- padrão de consumo mensal "sem funcionamento";

- desempenho energético ao longo da leitura de dados, em cada uma das condições.

É de salientar que, conforme explicado na metodologia (capítulo 4), apesar dos padrões de consumo terem sido verificados nos 83 quadros, o desempenho energético só foi calculado para os 21 mais significativos. Sendo que, ao longo deste capítulo são apenas apresentados 7, correspondentes ao mais significativo de cada UO.

Todos os dados de consumo estão em kWh.

## 5.1 Consumo médio global

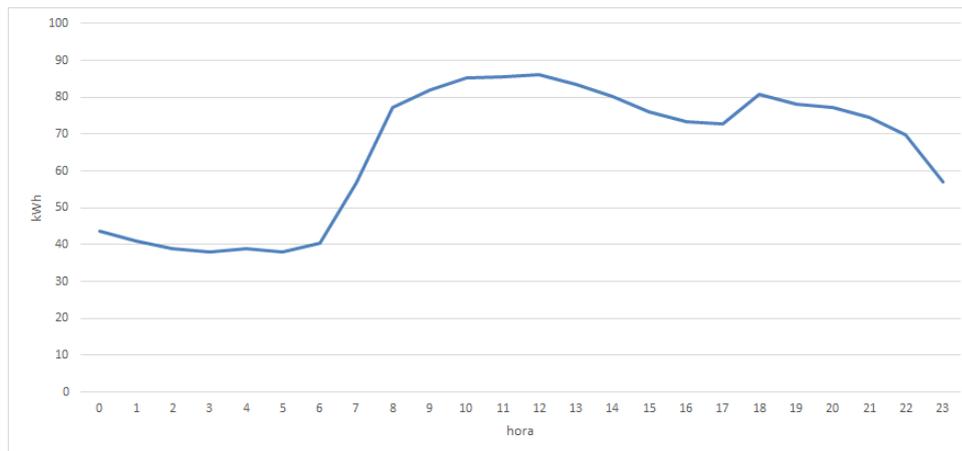
Os consumos médios a apresentar referem-se quer aos valores diários, quer aos valores mensais. Por sua vez, para efeitos de comparação são apresentados os nas duas condições de funcionamento.

O consumo médio global de cada UO mostra-se interessante na medida que permite perceber a grandeza e a evolução média do consumo elétrico de determinada UO. Assim sendo, são de seguida apresentados os gráficos obtidos na análise de cada uma.

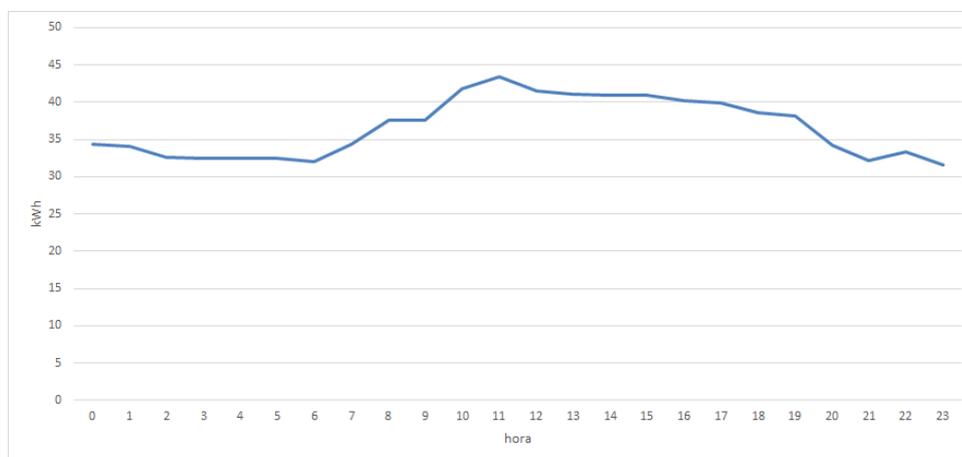
### 5.1.1 FADEUP

No que diz respeito ao consumo médio diário da FADEUP, conforme ilustrado na figura 5.1, observou-se que durante o funcionamento normal da UO o seu máximo anda próximo dos 85 kWh, e o mínimo dos 40 kWh. Como seria de esperar, das 0h até às 7h o consumo manteve-se próximo do valor mínimo, sofrendo uma brusca subida entre as 7h e as 10h, consequência do aumento da afluência de utilizadores nesse horário. O valor mais alto do consumo acontece por volta das 12h, ao que depois deste horário começa a decrescer. No entanto, às 17h observou-se uma ligeira subida que poderá estar associada às práticas de desporto oferecidas pela faculdade a pessoas externas à UO.

Já nos dias em que a UO não funciona normalmente, a evolução do consumo não foi tão acentuada. O seu ponto de consumo máximo foi também por volta das 12h, mas rondou apenas os 45 kWh. Sendo que o mínimo encontrou-se entre os 30 e 35 kWh. Ou seja, como seria de esperar o consumo foi mais reduzido em relação aos dias de funcionamento normal, mantendo-se mais estável ao longo do dia.



(a)



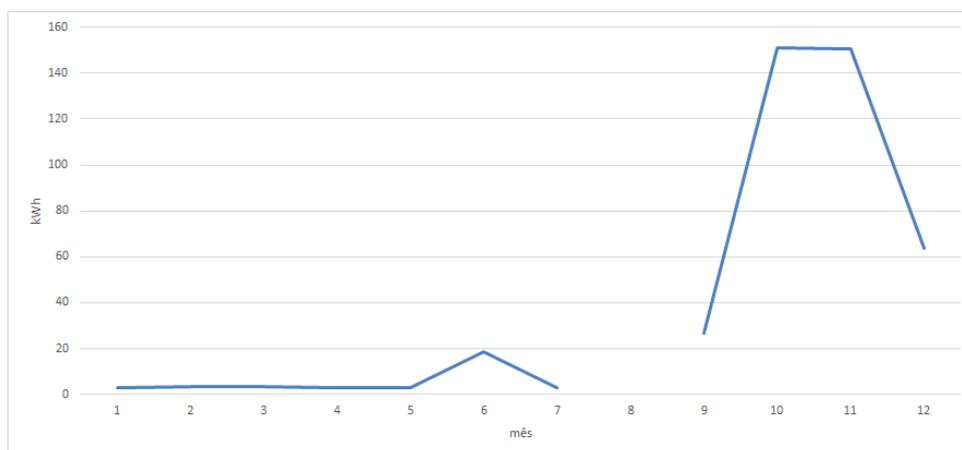
(b)

Figura 5.1: Consumo médio diário da FADEUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

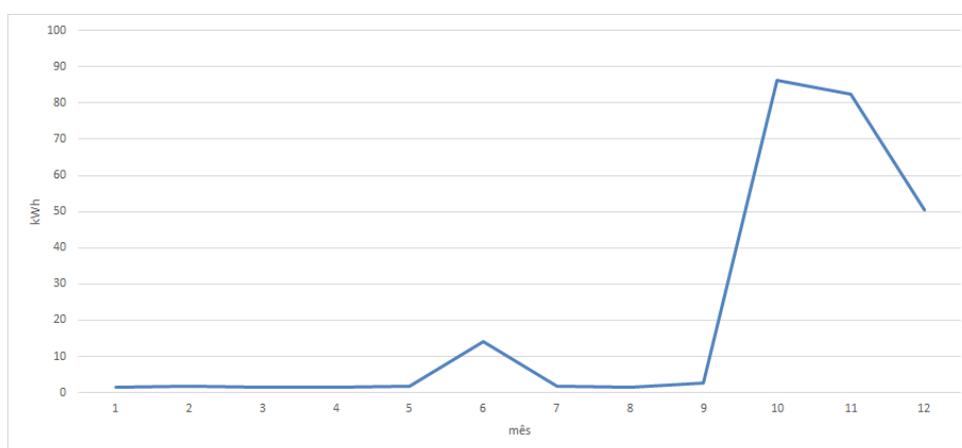
No caso do consumo médio mensal, conforme ilustrado na figura 5.2, verificaram-se valores muito reduzidos entre Janeiro e Setembro, em ambas as condições. Estes valores não traduzem a realidade dos consumos, uma vez que se devem a problemas de medição e a manobras de manutenção que decorreram por parte da empresa.

Surge então aqui uma limitação à análise de alguns meses desta UO. Além disso, é de salientar que a ausência de valores no mês de Agosto se deve ao facto de este mês não ter sido considerado na condição "com funcionamento".

Posto isto, nos meses em que o resultado aparenta ser mais credível, ou seja, de Setembro a Dezembro, verifica-se que o máximo atinge valores próximos de 150 kWh caso a UO esteja em funcionamento, e cerca de 85 kWh no caso contrário. A redução observada no mês de Dezembro pode ser associada ao período de pausa do Natal.



(a)



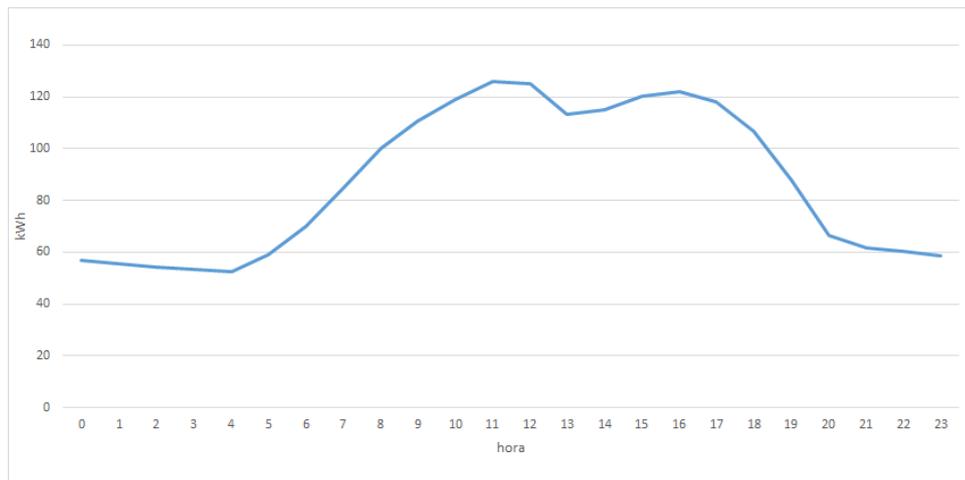
(b)

Figura 5.2: Consumo médio mensal da FADEUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

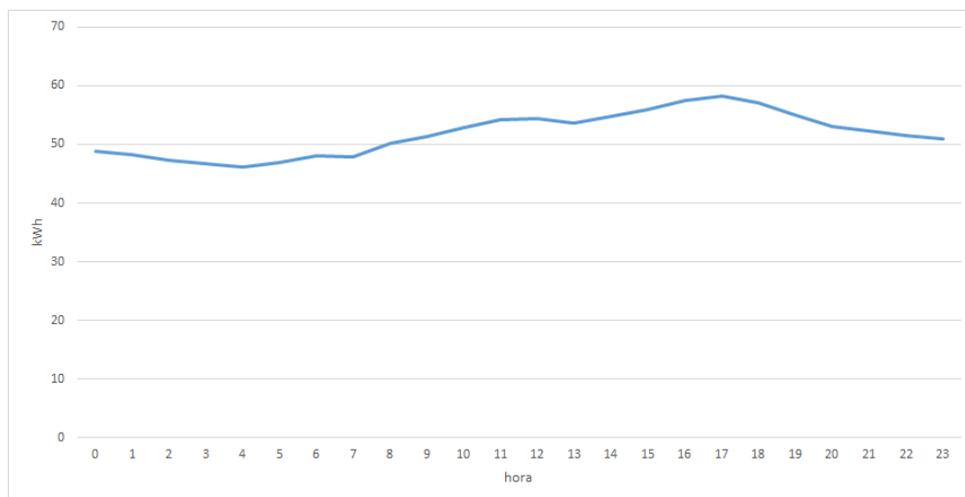
### 5.1.2 FAUP

No que diz respeito ao consumo médio diário da FAUP, conforme ilustrado na figura 5.3, observou-se que durante o funcionamento normal da UO, o seu máximo andou próximo dos 120 kWh, e o mínimo dos 50 kWh. Tal como seria de esperar, das 0h até às 7h o consumo manteve-se próximo do valor mínimo, sofrendo uma brusca subida entre as 7h e as 10h. Após as 17h entra em decréscimo, atingindo novamente valores próximos do mínimo após as 20h.

No caso dos dias em que a UO se encontra encerrada, mais uma vez se observou uma certa estabilidade, havendo uma discrepância de apenas cerca 10 kWh entre o consumo médio máximo e mínimo.



(a)

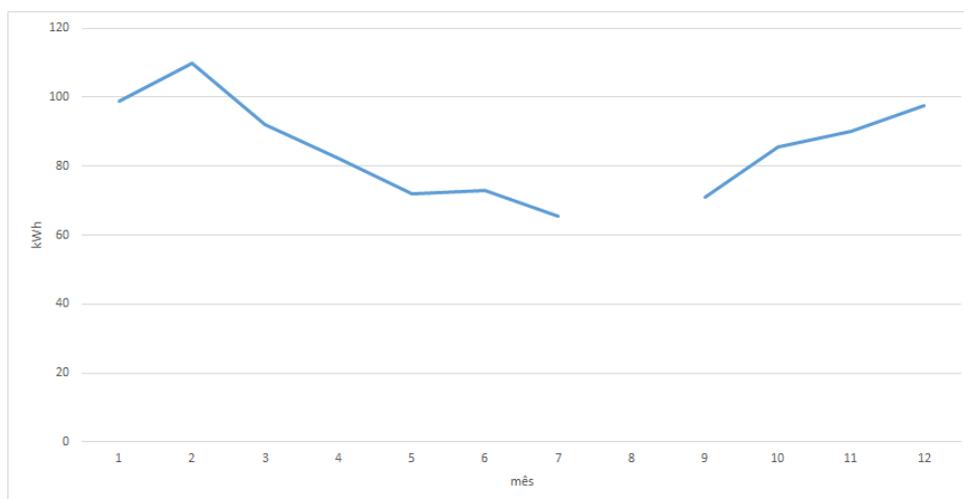


(b)

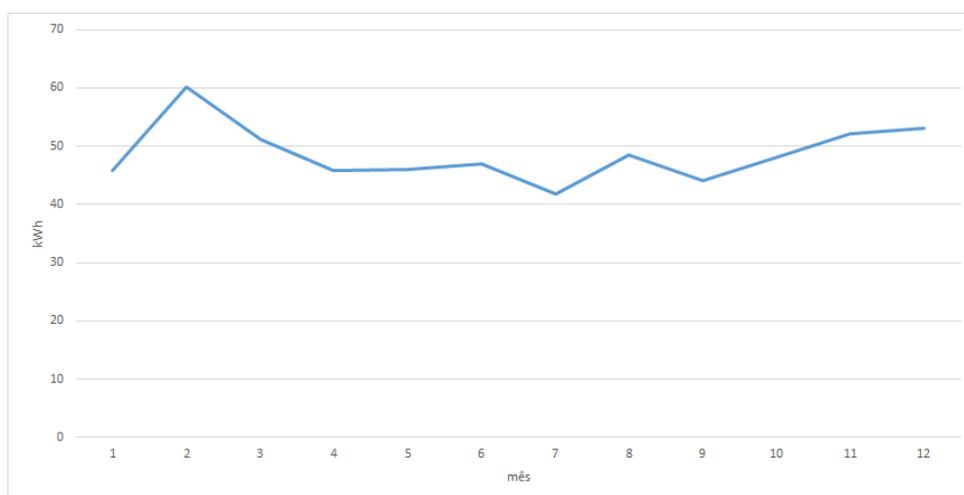
Figura 5.3: Consumo médio diário da FAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

No caso do consumo médio mensal, conforme ilustrado na figura 5.4, verificou-se que o pico de consumo se dá em Fevereiro em ambas as situações de funcionamento. No entanto, de Fevereiro a Julho, verifica-se uma descida mais acentuada no consumo médio quando se verifica a condição "com funcionamento". Entre Setembro e Fevereiro já se verificou uma evolução semelhante em ambos os casos.

No caso do funcionamento normal, o pico foi cerca de 110 kWh, e o mínimo próximo dos 60 kWh. Sendo que o mínimo se verificou durante os meses com mais calor. Enquanto que quando a UO está encerrada o pico foi de cerca de 60 kWh e manteve uma certa estabilidade próxima dos 50 kWh durante o resto do ano.



(a)



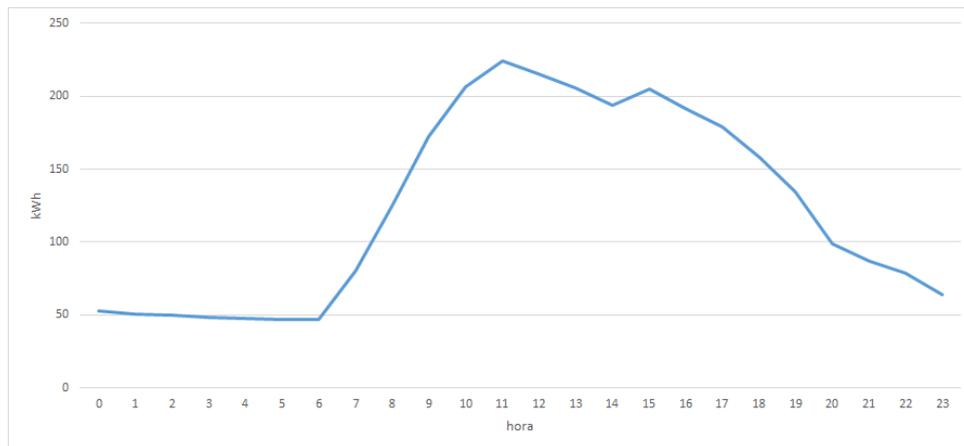
(b)

Figura 5.4: Consumo médio mensal da FAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

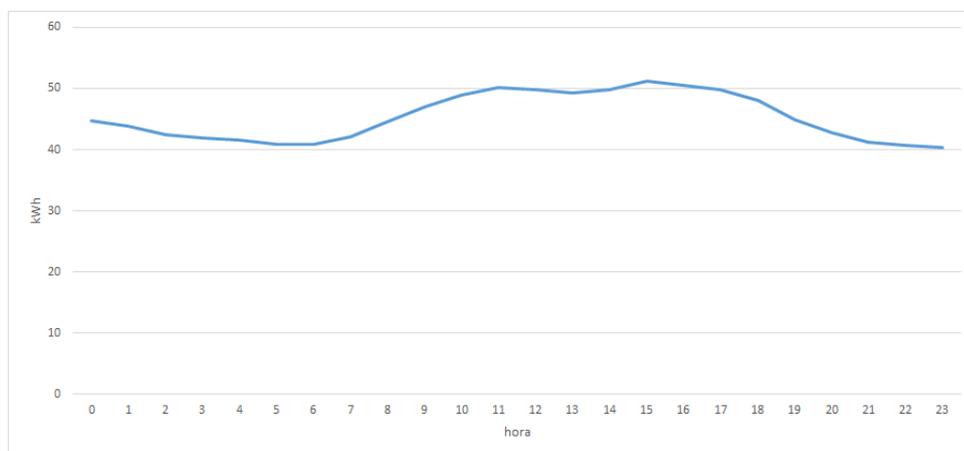
### 5.1.3 FBAUP

Quanto ao consumo médio diário da FBAUP, conforme ilustrado na figura 5.5, mais uma vez se verificou uma evolução semelhante às UO anteriores, isto é, com o consumo a crescer bastante após as 7h. Neste caso, o máximo foi cerca de 220 kWh perto das 11h, ao que às 15h começa a decrescer até ao final do dia.

Nos dias sem funcionamento, mantém-se a estabilidade no consumo, com um intervalo de diferença de 10 kWh, nomeadamente entre os 40 kWh e os 50 kWh.



(a)

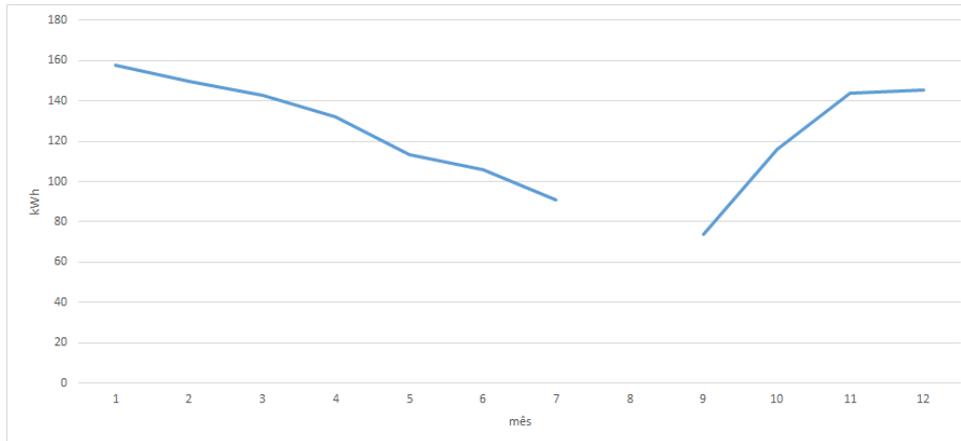


(b)

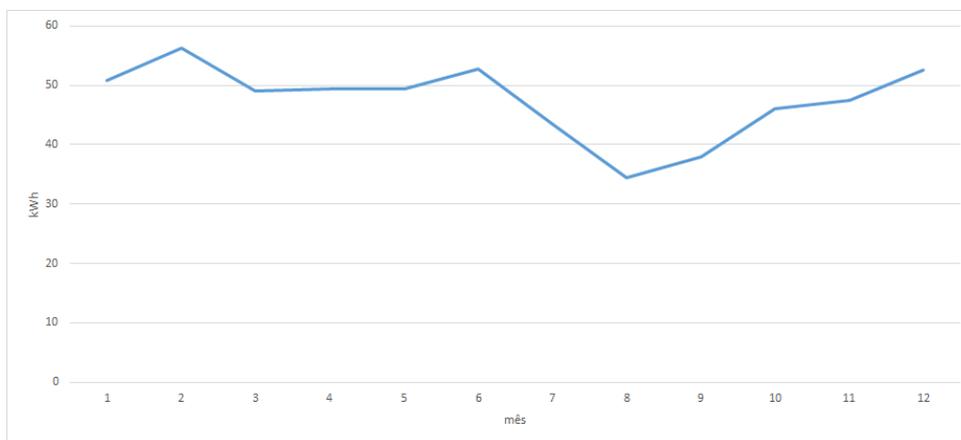
Figura 5.5: Consumo médio diário da FBAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Conforme ilustrado na figura 5.6, para a condição de "funcionamento normal" verificou-se uma descida gradual ao longo de 6 meses, nomeadamente de Janeiro até Julho. Passando neste período dos 160 kWh para os 90 kWh, aproximadamente. Por sua vez, no final do ano verificou-se uma evolução crescente mais acentuada, correspondente ao intervalo de Setembro a Novembro. Passando assim quase para o mesmo valor verificado em Janeiro, em apenas 3 meses.

Por sua vez, tendo em conta o período em que a UO esteve encerrada, apesar de um pico em Fevereiro, houve uma estabilidade no consumo, mantendo-se perto dos 50 kWh até ao início do período de férias de Verão. Período este, em que diminuiu chegando a atingir cerca de 35 kWh durante o mês de Agosto. Ao que volta a subir para os 50 kWh até Janeiro, sendo esta subida naturalmente associada ao início do ano letivo.



(a)



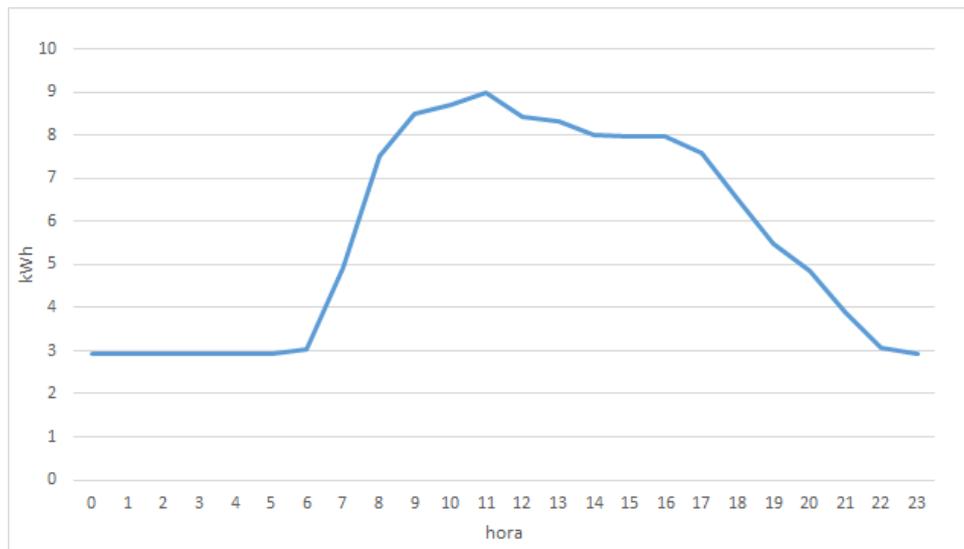
(b)

Figura 5.6: Consumo médio mensal da FBAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

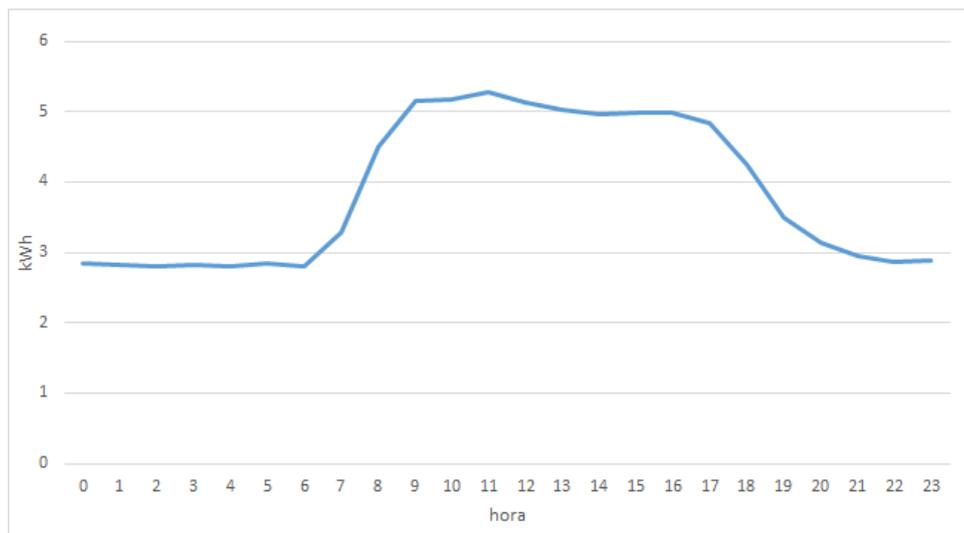
#### 5.1.4 FDUP

Quanto ao consumo médio diário da FDUP, conforme ilustrado na figura 5.7, verificou-se a evolução esperada conforme o observado nas outras UO. Contudo, com base nos dados fornecidos pela empresa o máximo foi próximo dos 9 kWh, e o mínimo dos 3 kWh. Isto é, um valor muito reduzido quando comparado com as outras UO. Ou seja, este não deverá ser o valor real da totalidade dos consumos, visto que a FDUP é uma UO com o número de utilizadores pouco superior ao da FBAUP, que apresentou um consumo médio bem mais elevado. Levando a presumir, que há um erro de leitura, ou dados de consumo de outros quadros da UO que não foram fornecidos.

No caso da condição de "sem funcionamento", desta vez não se verificou uma estabilidade no consumo como nas UO analisadas anteriormente. Ao invés, verificou-se uma evolução semelhante à condição de funcionamento normal, contudo a atingir apenas um pico de 5 kWh.



(a)

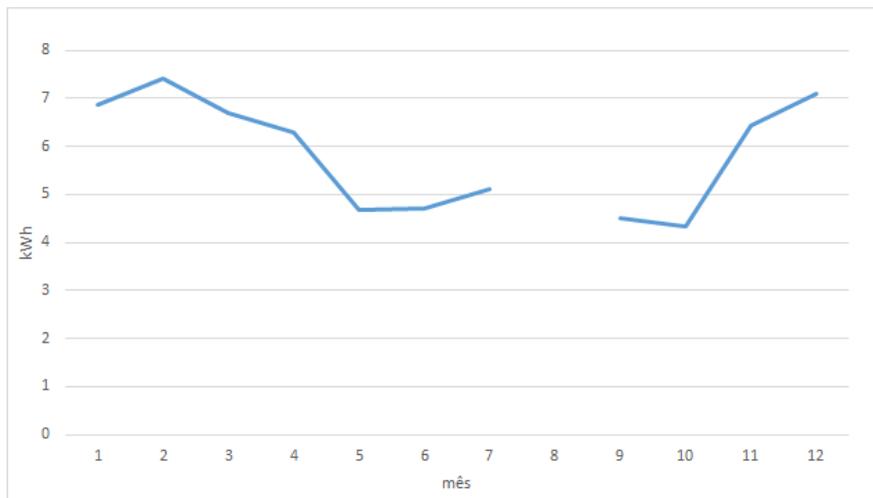


(b)

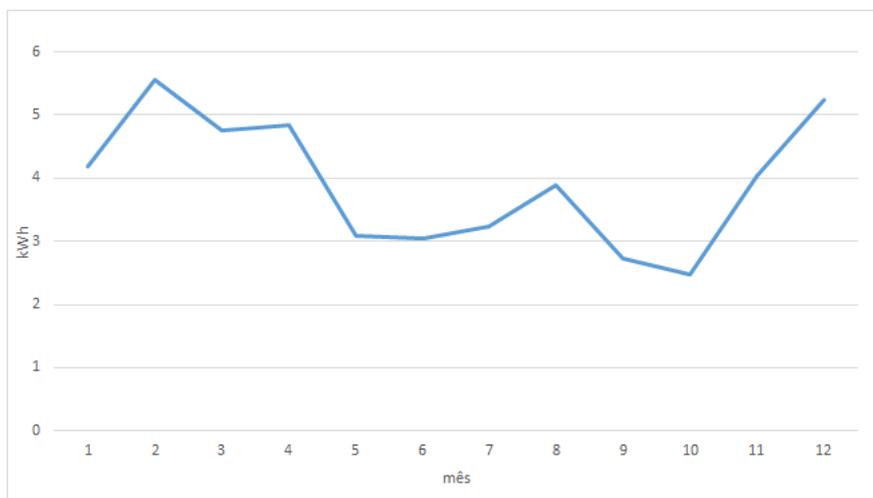
Figura 5.7: Consumo médio diário da FDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Já no caso do consumo médio mensal, conforme ilustrado na figura 5.8, em ambas as condições de funcionamento os valores máximos continuaram a ser no mês de Fevereiro, seguido do mês de Dezembro. Isto é, mantendo os consumos mais altos associados aos meses mais frios. Sendo estes na ordem dos 7,5 kWh com funcionamento normal e 5,5 kWh na situação oposta.

No caso "sem funcionamento" verificaram-se algumas oscilações entre alguns meses face à outra condição, nomeadamente nos meses de Março e Agosto, em que o consumo sobe ligeiramente. Em ambos os casos, o mínimo foi atingido entre Setembro e Outubro, começando depois a subir de acordo com o arranque das atividades letivas.



(a)



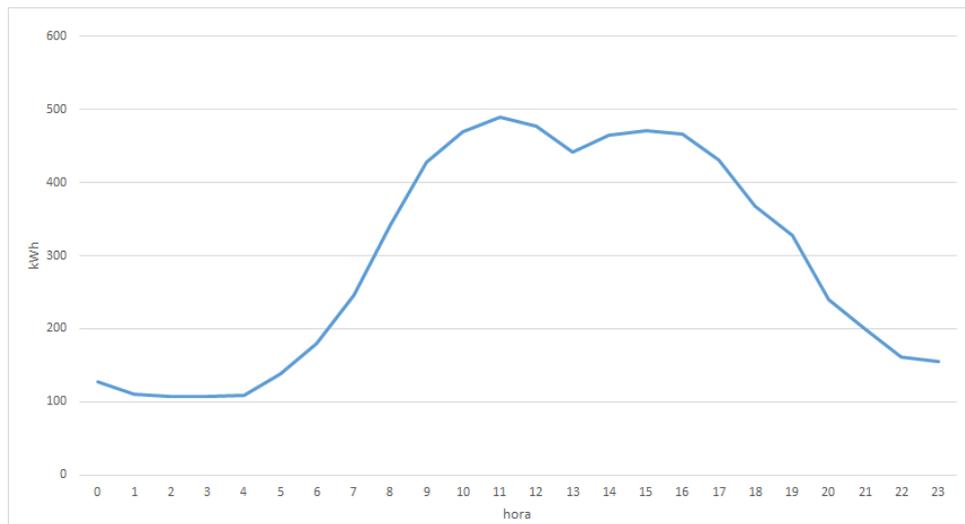
(b)

Figura 5.8: Consumo médio mensal da FDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

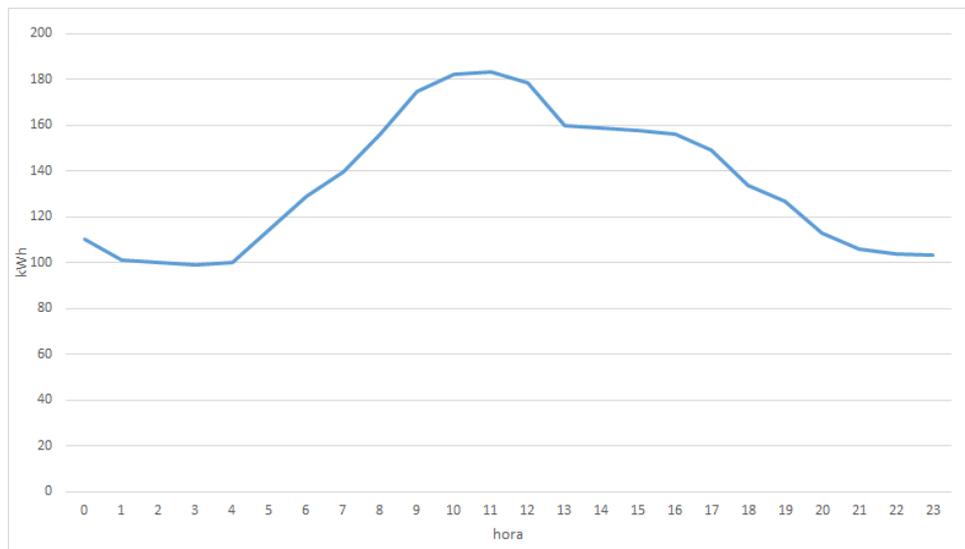
### 5.1.5 FLUP

Quanto ao consumo médio diário da FLUP, conforme ilustrado na figura 5.9, no caso do funcionamento normal verificou-se uma evolução coincidente com os anteriores. Isto é, começando a subir às 7h, atingindo o máximo após as 11h e voltando a descer para perto do mínimo às 20h. O máximo aproximou-se dos 500 kWh, e o valor mínimo de consumo médio não desceu dos 100 kWh.

Na condição oposta, não se verificou uma atenuação tão grande como nas primeiras UO analisadas, mantendo antes uma evolução no consumo proporcional aos dias de funcionamento. Contudo, naturalmente os valores de consumo foram mais baixos, tendo o máximo sido cerca de 180 kWh e o mínimo novamente os 100 kWh.



(a)

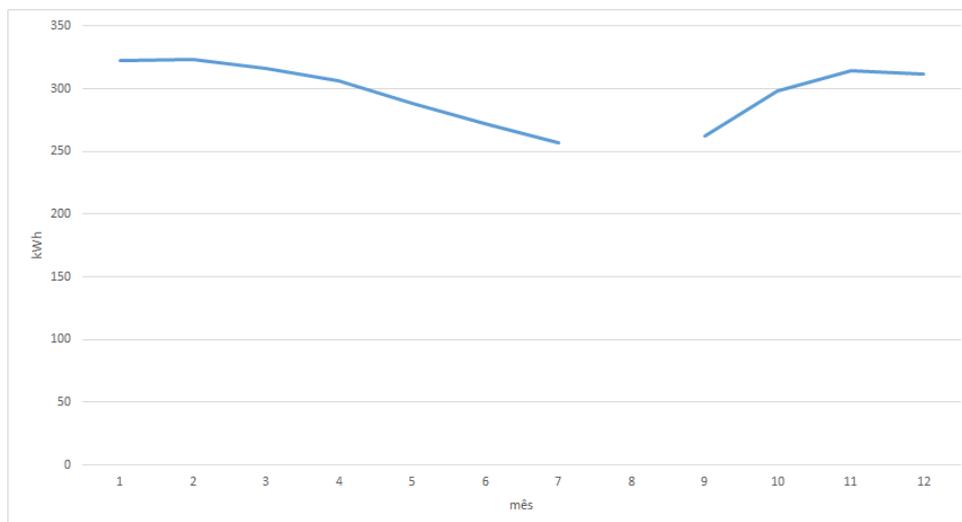


(b)

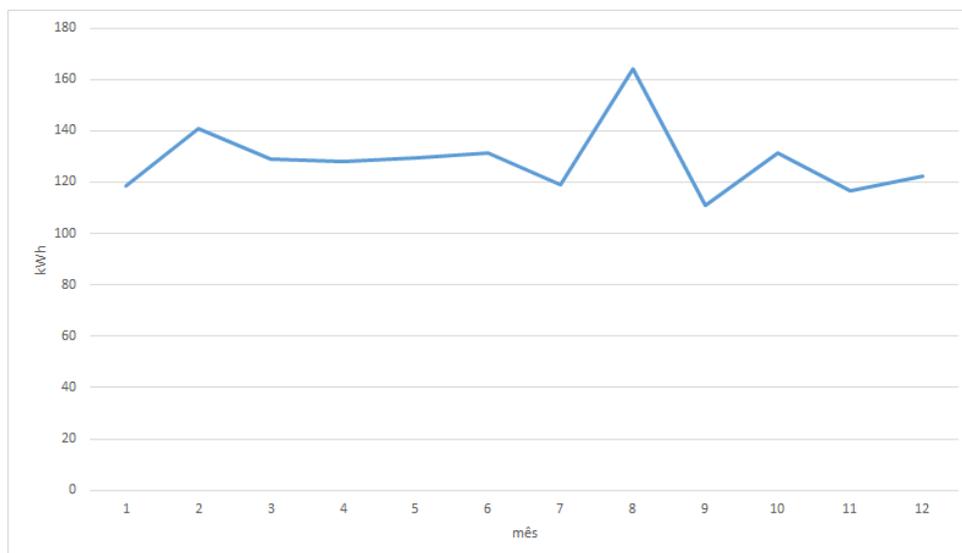
Figura 5.9: Consumo médio diário da FLUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Na análise do consumo médio mensal, conforme ilustrado na figura 5.10, no caso de funcionamento normal verifica-se novamente que o consumo mais elevado é nos meses de inverno, sendo este pouco mais de 300 kWh em média. Com o mínimo a chegar perto dos 250 kWh. Verificou-se uma evolução estável entre os vários meses.

Já na condição de "sem funcionamento" esta estabilidade nem sempre se verificou. Houve umas pequenas oscilações entre o decorrer dos meses, principalmente a partir de Junho. Por sua vez, e ao contrário do que seria de esperar, o pico neste caso deu-se em Agosto com o consumo a ser perto de 100 kWh.



(a)



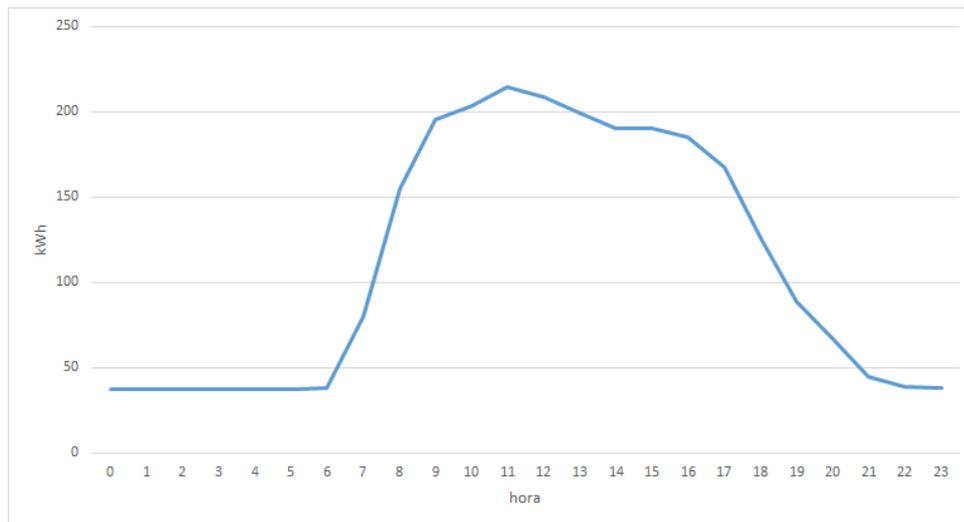
(b)

Figura 5.10: Consumo médio mensal da FLUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

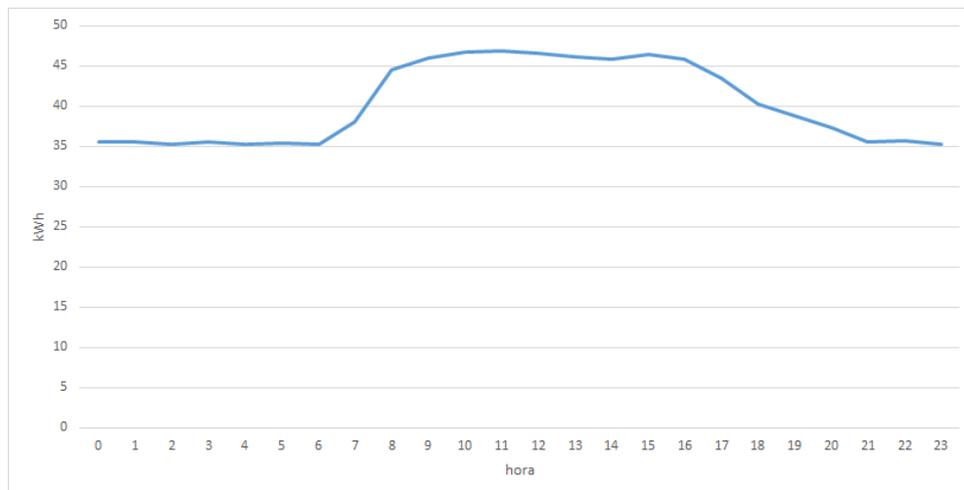
### 5.1.6 FMDUP

No que diz respeito ao consumo médio diário da FMDUP, conforme ilustrado na figura ??, no caso de funcionamento normal verificou-se a mesma evolução das UO anteriores, como pico das 11h a ser perto dos 210 kWh e o mínimo verificado perto dos 40 kWh.

No caso de não estarmos perante o funcionamento normal, na FMDUP já se volta a encontrar uma ligeira atenuação, com uma menor discrepância entre os valores máximo e mínimo, sendo estes 45 kWh e 35 kWh, respetivamente.



(a)

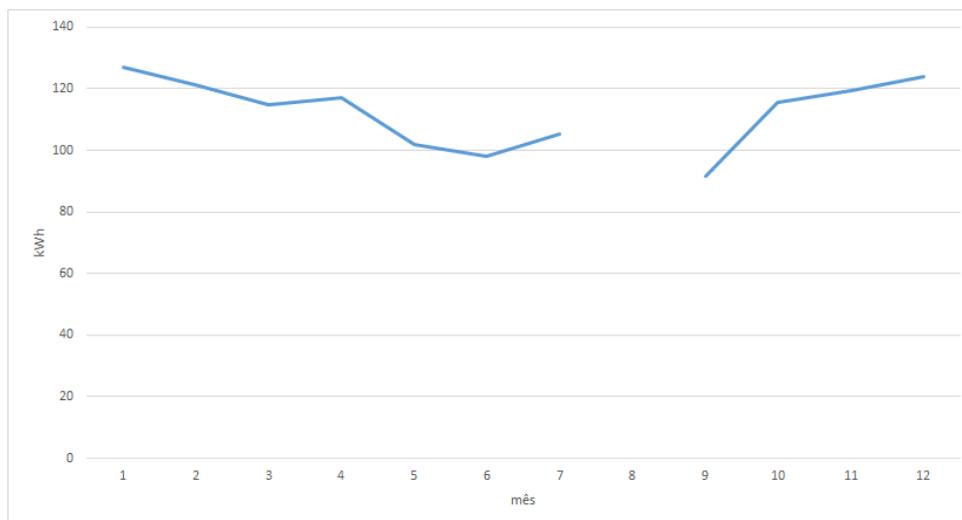


(b)

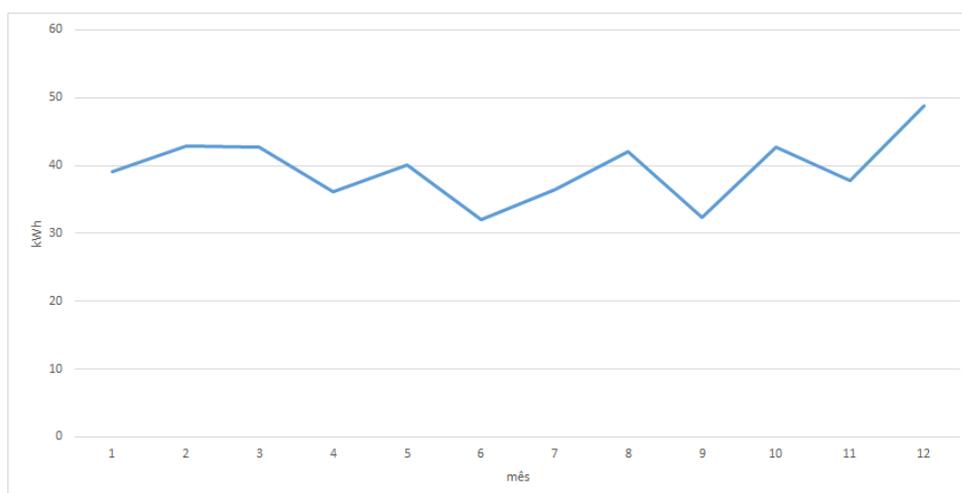
Figura 5.11: Consumo médio diário da FMDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

No caso do consumo médio mensal, conforme ilustrado na figura 5.12, tendo em conta o funcionamento normal da UO, continuou-se a verificar o consumo mais alto nos meses mais frios, com aproximadamente 120 kWh. Além disso, é de notar que com a exceção do mês de Abril, verificou-se uma evolução gradual ao longo dos meses.

No caso da UO não estar a funcionar, voltou-se a verificar uma falha na estabilidade dos consumos, uma vez que houve oscilações entre os vários meses. Com o consumo a diminuir em Abril, Junho, Setembro e Novembro, face aos meses imediatamente anteriores. Contudo, a diferença de valores não foi acentuada, com os picos a variarem entre os 30 kWh e os 45 kWh aproximadamente.



(a)

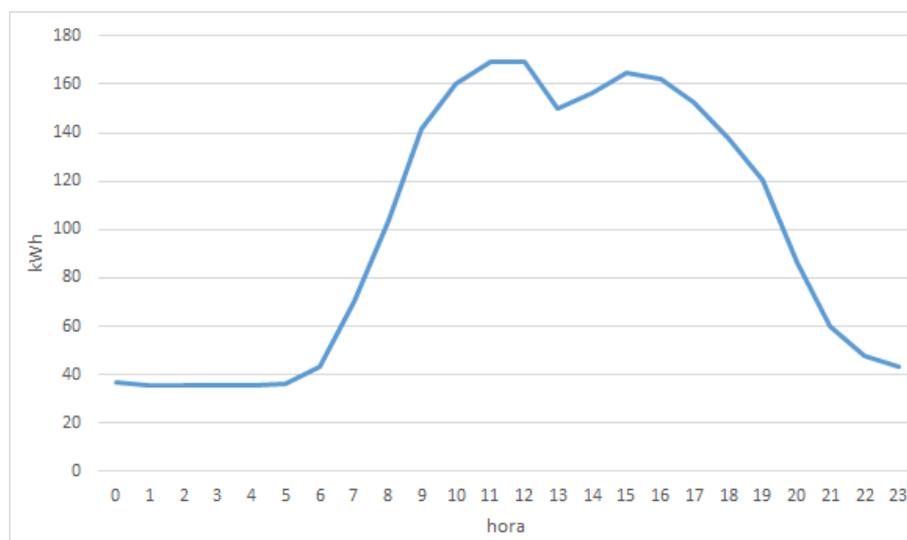


(b)

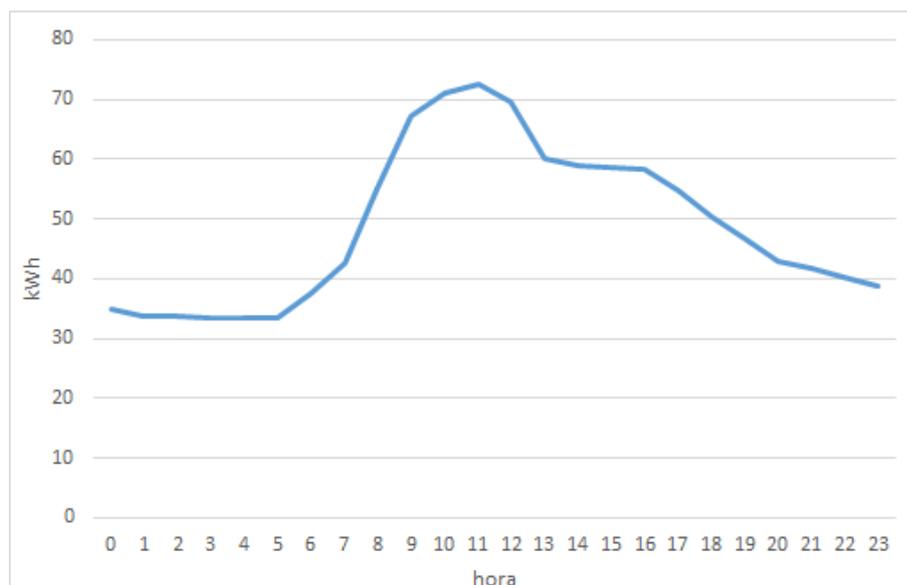
Figura 5.12: Consumo médio mensal da FMDUP : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### 5.1.7 FPCEUP

No que diz respeito ao consumo médio diário da FPCEUP, conforme ilustrado na figura 5.11, voltou-se a verificar a evolução típica observada nas restantes UO, mas desta vez com um pico máximo de cerca de 70 kWh e o mínimo a cerca de 40 kWh. No caso de não estarmos perante o funcionamento normal, a evolução do consumo voltou a ser semelhante à da condição oposta, mas com o pico máximo a descer para aproximadamente 70 kWh, e o mínimo a atingir os 35 kWh.



(a)

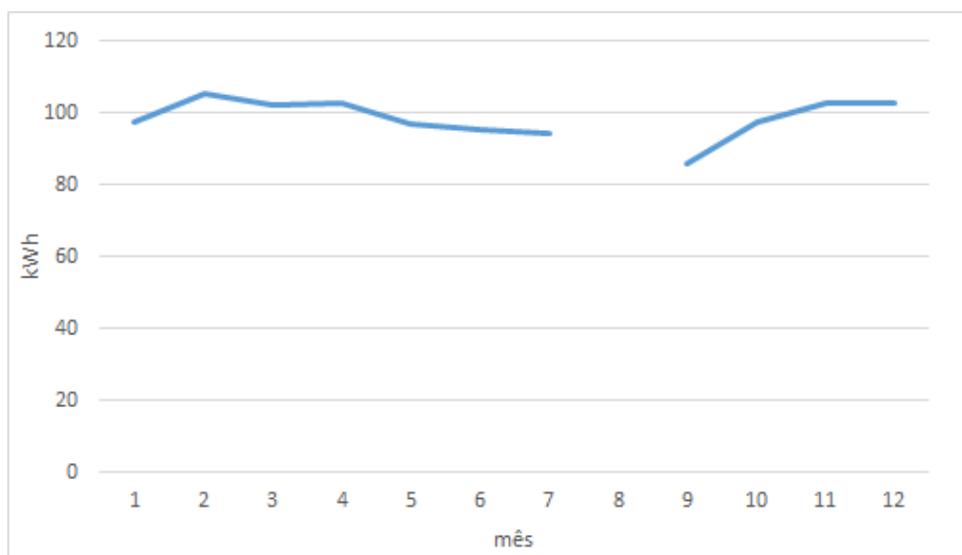


(b)

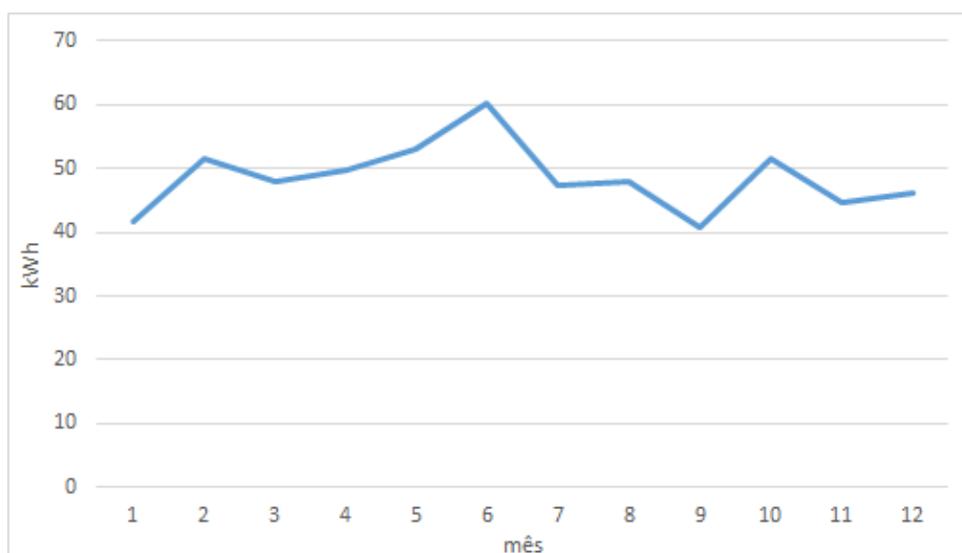
Figura 5.13: Consumo médio diário da FPCEUP : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Conforme ilustrado na figura 5.12, analisando o consumo médio no caso de funcionamento normal, verificou-se um consumo constante da ordem dos 100 kWh entre Outubro e Julho. Ou seja, a descer apenas ligeiramente em Setembro, e começando a subir apenas com o início do ano letivo.

Por sua vez, no caso da condição de "não funcionamento", houve de novo algumas oscilações no consumo médio entre os vários meses. Estas andaram entre os 40 kWh e os 50 kWh com a exceção do mês de Junho, em que se deu o pico máximo de 60 kWh. Provavelmente consequência do aumento do uso da UO em época de avaliações.



(a)



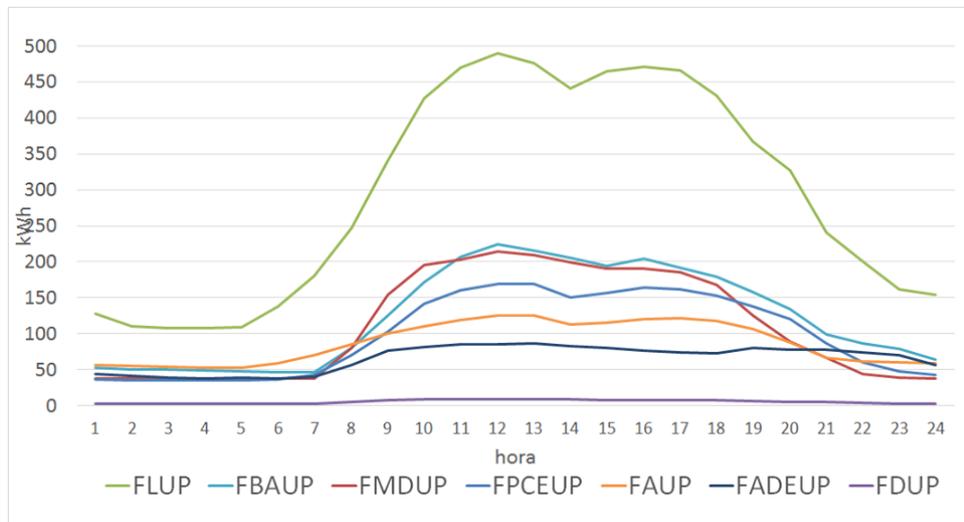
(b)

Figura 5.14: Consumo médio mensal da FPCEUP : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

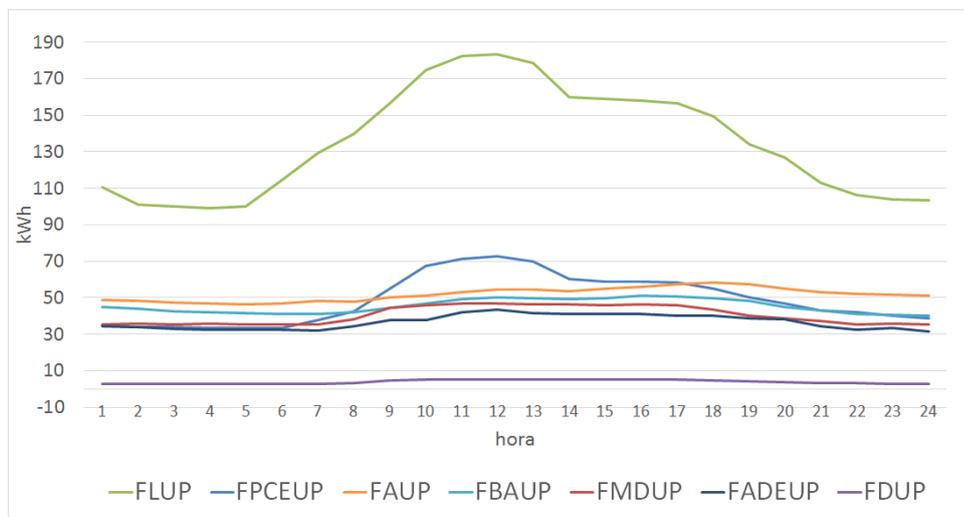
### 5.1.8 Comparação entre o consumo médio das várias UO

Através da figura 5.15 é possível comparar os valores de consumo entre as várias UO ao longo do dia. Ora, como se pode verificar, a evolução do consumo foi semelhante e o pico do consumo médio ocorreu perto da mesma altura, entre as 11h e as 12h. Assim, analisando esta hora no caso de funcionamento verificou-se que, do maior para o menor, os consumos se dão na seguinte ordem: FLUP., FBAUP, FMDUP, FPCEUP, FAUP, FADEUP e por fim FDUP. Sendo que as últimas são as que apresentam presumíveis erros de leitura.

Por sua vez, na condição "sem funcionamento" é possível notar a atenuação no consumo mencionada anteriormente em quase todas as UO, sendo esta menos perceptível para a FLUP e a FPCEUP.



(a)

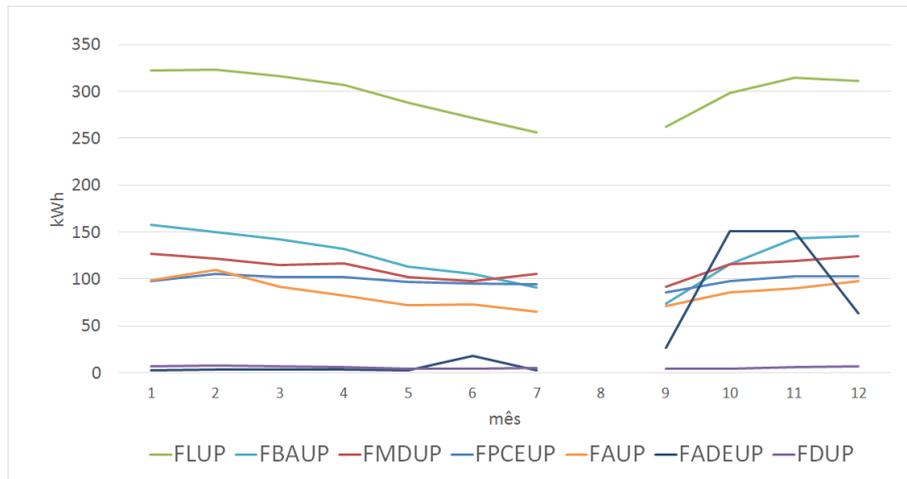


(b)

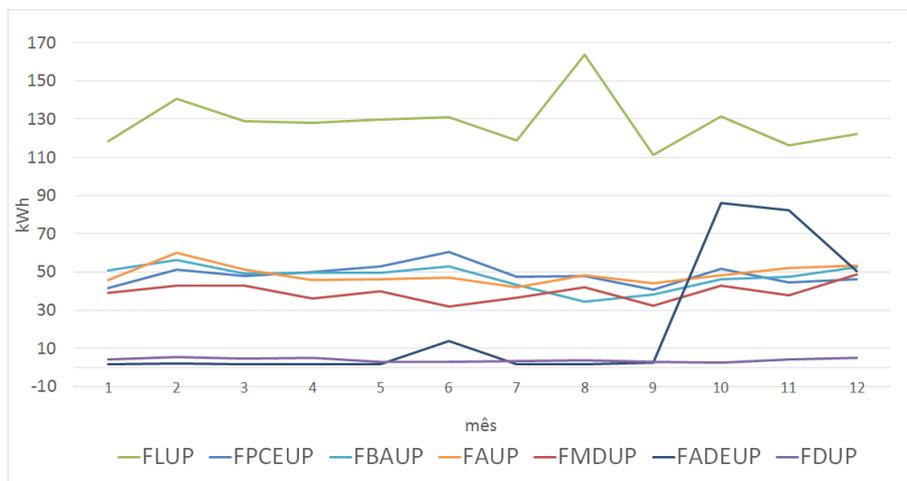
Figura 5.15: Comparação do consumo médio diário : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Comparando os consumos mensais, pela figura 5.16, continuou-se a verificar que na condição de "funcionamento normal" a evolução é semelhante entre as UO e a ordem de consumo se mantém a mesma que no caso diário. Estando a FLUP a um nível bastante superior das restantes e a FADEUP e FDUP a um nível bastante inferior. No entanto é de notar que os resultados da FADEUP não traduzem a realidade dos seus consumos.

No caso da condição de "não funcionamento", verifica-se que a maioria das UO acompanha um ligeiro aumento no mês de Fevereiro, Junho e Outubro. Ou seja, meses de avaliação e arranque do ano letivo. É de notar que FLUP apresenta um invulgar de 20kWh de Julho para Agosto, o que não acontece nas restantes.



(a)



(b)

Figura 5.16: Comparação do consumo médio mensal : (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

## 5.2 Consumo médio diário por utilizador nas várias UO

Com a análise e comparação dos consumos feita até aqui, foi possível comparar a grandeza e a evolução do mesmos. Contudo, para ser possível fazer uma comparação tendo em conta a proporção, é interessante verificar quanto é que cada pessoa esteve a consumir nas várias UO por dia. Assim na figura 5.17 é possível visualizar o consumo médio por cabeça em cada UO.

As UO estão apresentadas por ordem decrescente de consumo. Assim, como se pode verificar, a UO com maior consumo médio foi a FMDUP, com 0.208 kWh diários por pessoa, ou seja, mais do dobro da FBAUP que ocupa a segunda posição. Este facto, pode ser explicado pelas aulas práticas e necessidade de utilizar material que noutras UO não é aplicável. Por sua vez, as UO com menor consumo foram novamente as que apresentam presumíveis erros de medição, ou falha de dados. Sendo que as restantes apresentaram pouca discrepância entre elas.

Analisando os consumos em relação à média global utilizada como referência, vê-se que a FMDUP, a FBAUP e a FLUP estão acima da média de consumo por pessoa. E por sua vez, a FAUP, FPCEUP, FADEUP e FDUP estão a consumir menos.

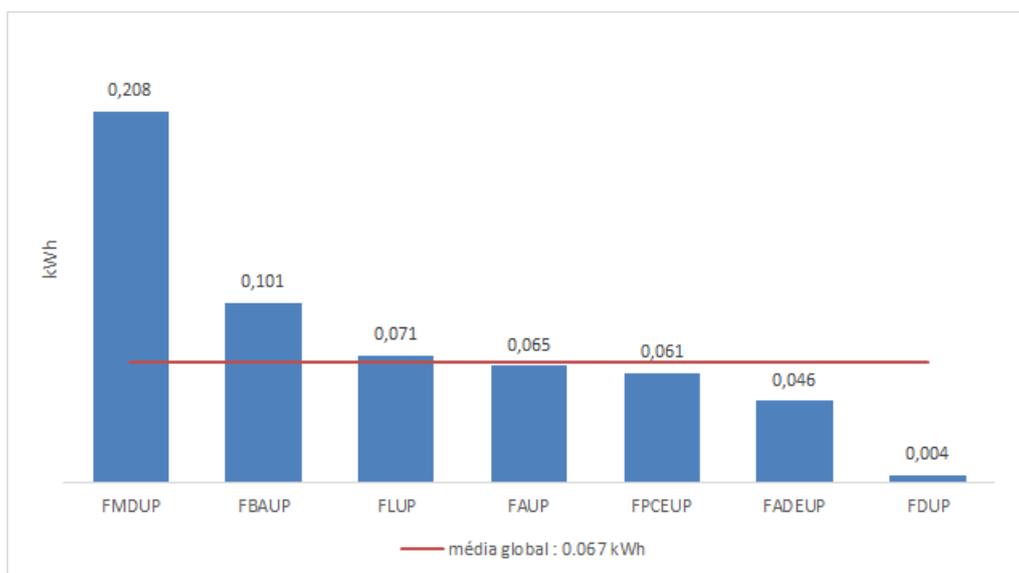


Figura 5.17: Consumo diário médio por utilizador em cada UO para a condição "com funcionamento"

### 5.3 Análise do padrão de consumo e desempenho energético de cada UO

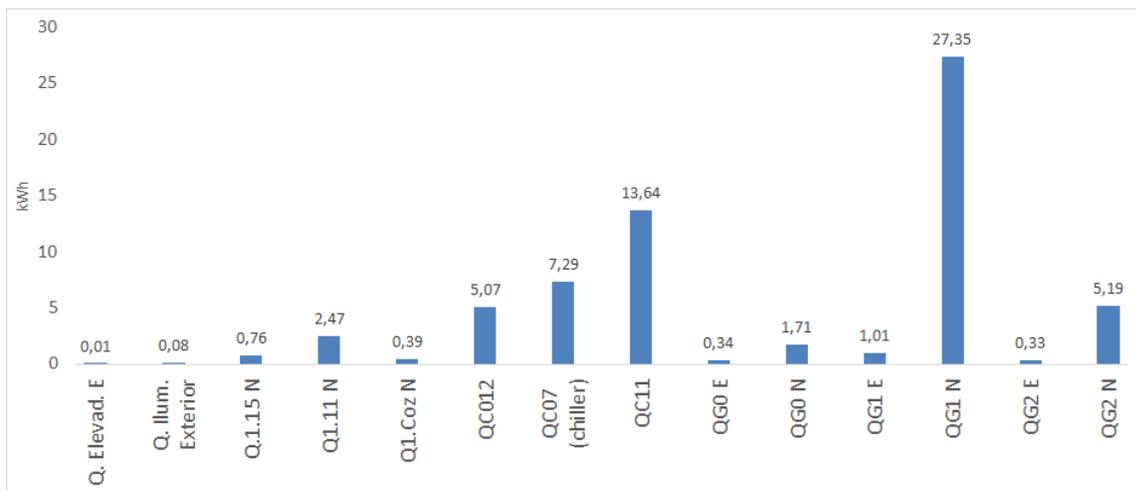
Nesta secção são apresentados os valores obtidos aquando da análise específica. Ora, esta foi interessante na medida que permitiu verificar os padrões de consumo e desempenho energético de cada quadro especificamente, ao longo do intervalo de dados de cada um deles. Ou seja, permitiu uma análise mais detalhada ao desempenho das UO. Para efeitos de comparação são apresentados os padrões de consumo e o desempenho energético nas duas condições de funcionamento.

É de notar que a comparação do consumo médio diário entre os quadros da UO é apresentada para as duas condições de funcionamento. Contudo, os quadros de maior consumo são selecionados com base na condição "com funcionamento", uma vez que esta revela mais interesse de análise. Sendo a outra condição apresentada para verificar se a situação se mantém inalterada, ou não.

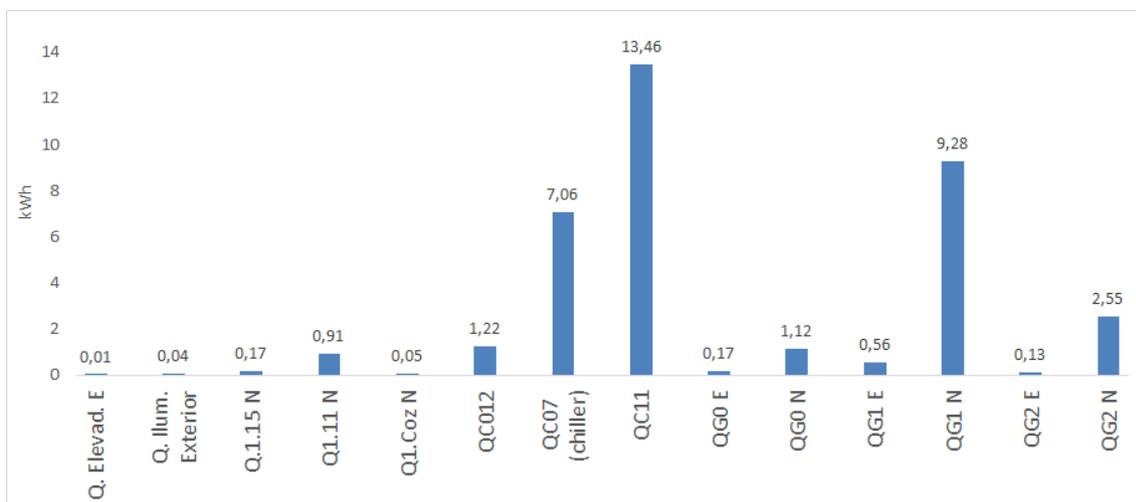
### 5.3.1 FADEUP

#### 5.3.1.1 Comparação do consumo médio entre quadros

Como se pode verificar na figura 5.18 existem 3 quadros que sobressaíram em relação aos demais, embora que em ordem diferente comparando as condições de funcionamento. Assim, com base na primeira, os quadros considerados como mais significativos nesta UO foram, por ordem decrescente, QG1 N, QC11, QC07 (chiller).



(a)



(b)

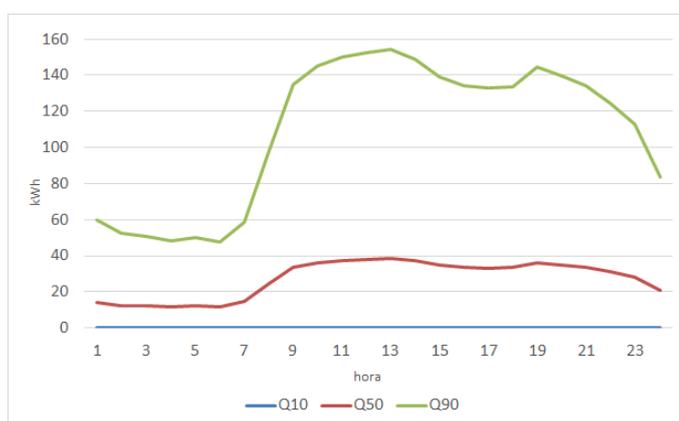
Figura 5.18: Comparação do consumo médio dos quadros da FADEUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Desta forma, o quadro cuja análise é mostrada em seguida é o QG1 N, estando os restantes em anexo.

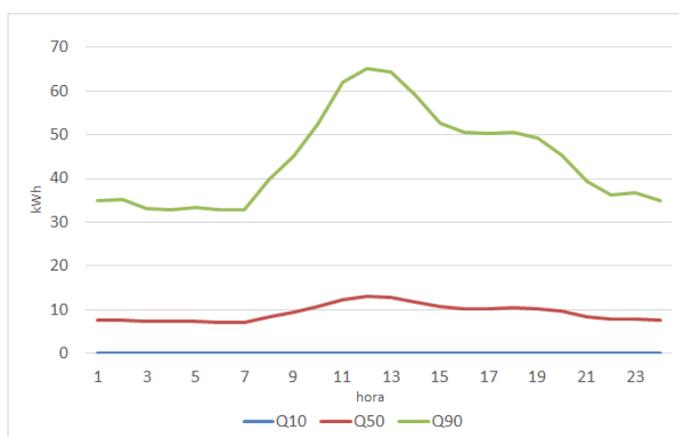
### 5.3.1.2 Definição do padrão de consumo de cada quadro

Na figura 5.19 é então possível visualizar o padrão de consumo deste quadro. Ora, durante a hora de pico (13h), verificou-se que houve 90% de probabilidade do consumo ser 150 kWh ou menor, 50% de ser 40 kWh ou menor e 10% de ser nulo.

Observou-se também que após o início do consumo normal diário, às 7h, a gama de valores disponível que se encontra na parte superior ao quantil 0.5 é maior (há uma maior distância entre o quantil de 0.9 e 0.5 do que no caso do 0.1). Quer isto dizer que, estando perante uma distribuição assimétrica de valores, a média do consumo esteve acima do valor da mediana (Q50). Ou seja, os 50% dos valores de consumo superiores à mediana não estão tão concentrados, tendo uma gama de variação maior do que os inferiores. O mesmo acontece no caso da condição de "não funcionamento", no entanto verifica-se uma descida do quantil 0.9 mais cedo, a acontecer por volta das 15h.



(a)



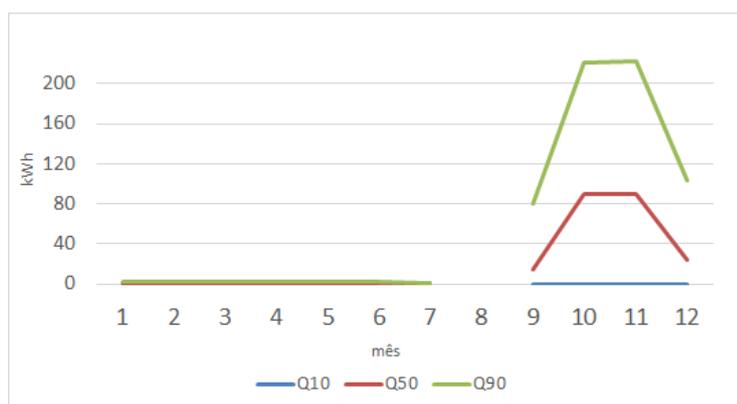
(b)

Figura 5.19: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FADEUP - QG1 N: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

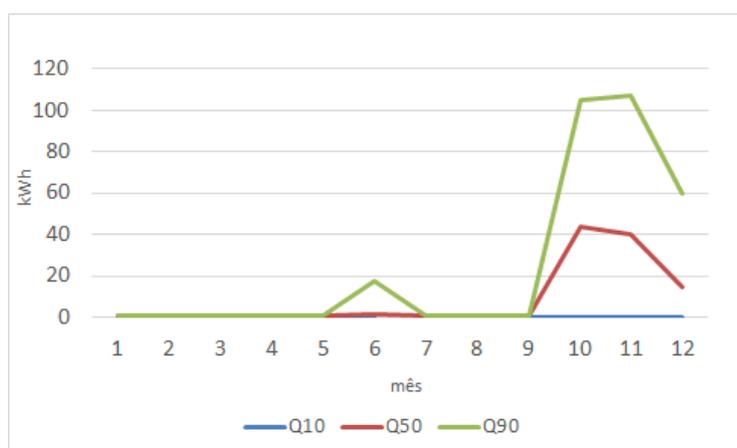
Por sua vez, no padrão de consumo mensal ilustrado na figura 5.20 é possível verificar as leituras erradas a ter impacto de Janeiro até Julho. Assim, na pequena gama de valores a analisar, durante o período de Outubro e Novembro verificou-se que neste caso já se esteve perante uma distribuição com uma maior simetria, ou seja, o valor médio aproximou-se mais do valor da mediana.

No caso de funcionamento normal, durante o pico de Outubro e Novembro vemos que a gama de valores onde houve mais probabilidade de o consumo se encontrar varia entre os 0 e os 200 kWh. Descendo para o intervalo de 0 a 100 kWh na condição oposta.

Aparentemente o padrão mensal manteve-se semelhante nas duas condições de funcionamento. No entanto, é de realçar que continuamos a estar perante uma situação cuja análise não suficientemente realista.



(a)



(b)

Figura 5.20: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FADEUP - QG1 N: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### 5.3.1.3 Análise do desempenho energético do quadro mais relevante

Na figura 5.21 é então possível verificar o resultado obtido para o desempenho energético do quadro mais significativo da FADEUP. É de notar que entre Fevereiro e Maio de 2015 não há dados a apresentar, uma vez que não havia dados relativos ao consumo.

Posto isto, verifica-se que supostamente entre Junho de 2015 e Setembro de 2016 o desempenho energético foi bom, andando sempre em baixo do valor tido como referência. No entanto, é de notar que estes resultados não são realistas, dados os erros associados à leituras dos consumos na FADEUP durante este período. Desta forma, nos meses de Outubro a Dezembro de 2016 verifica-se que o desempenho energético aparece muito acima da referência, devido ao seu brusco aumento relativamente aos meses anteriores.

Ora tendo em conta estas falhas de leitura, é de notar que se verificou um desempenho energético semelhantes nas duas condições de funcionamento ao longo de todos os meses.

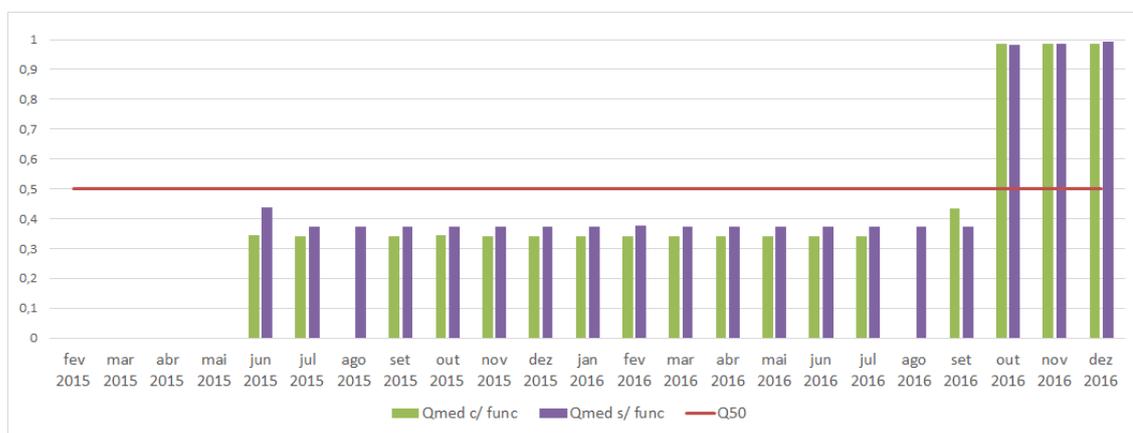
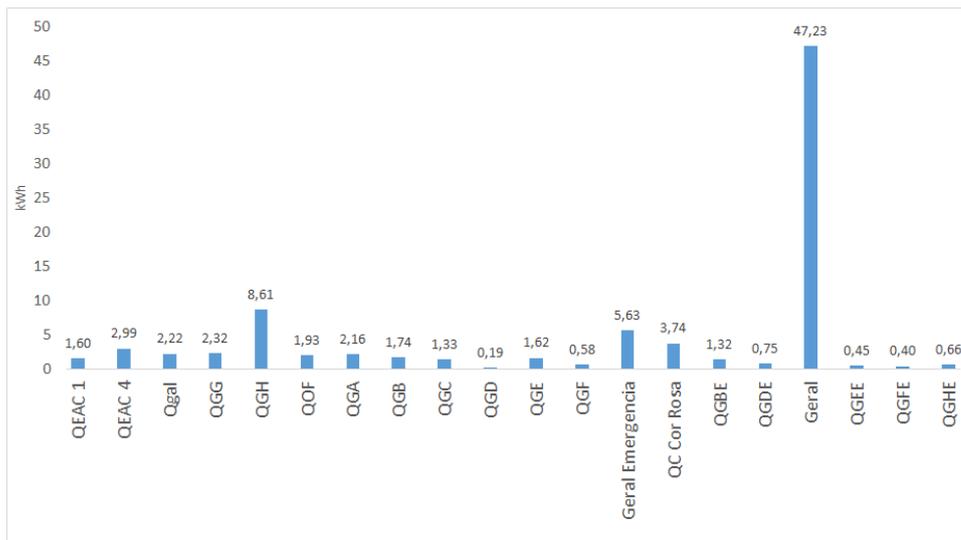


Figura 5.21: Desempenho energético relativo ao quadro FADEUP - QG1 N

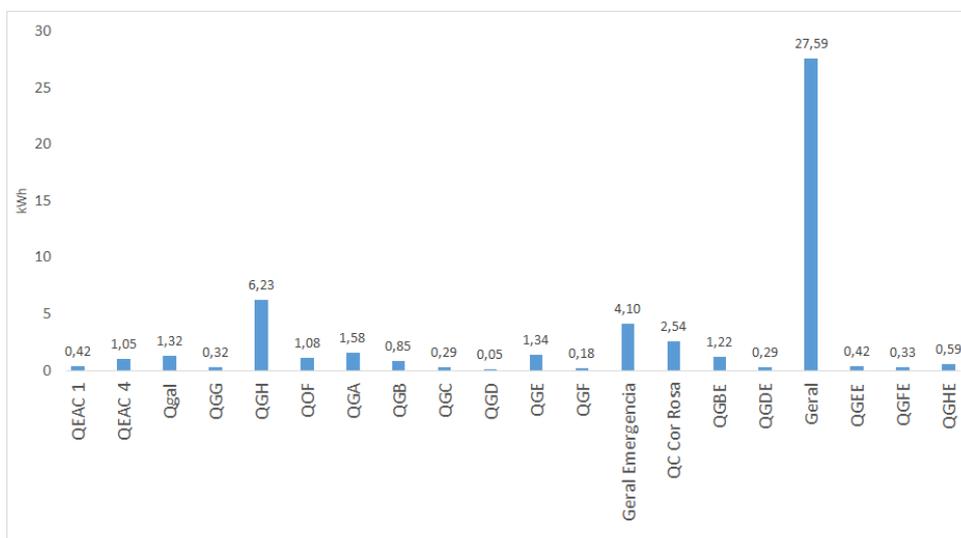
## 5.3.2 FAUP

### 5.3.2.1 Comparação do consumo médio entre quadros

Como se pode verificar na figura 5.22, existem 3 quadros que sobressaíram, mantendo a mesma ordem em ambas as condições de funcionamento. Assim, os quadros considerados como mais significativos nesta UO foram o Geral, o QGH e por fim o Geral Emergencia.



(a)



(b)

Figura 5.22: Comparação do consumo médio dos quadros da FAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

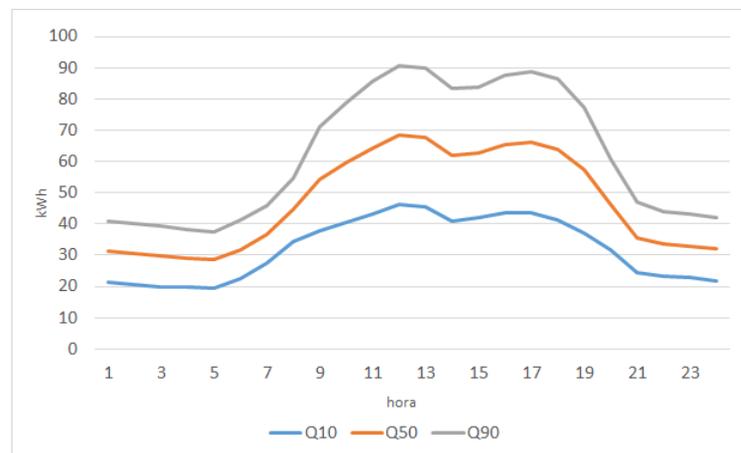
Desta forma, o quadro cuja análise é mostrada em seguida é o Geral, estando os restantes em anexo.

### 5.3.2.2 Definição do padrão de consumo de cada quadro

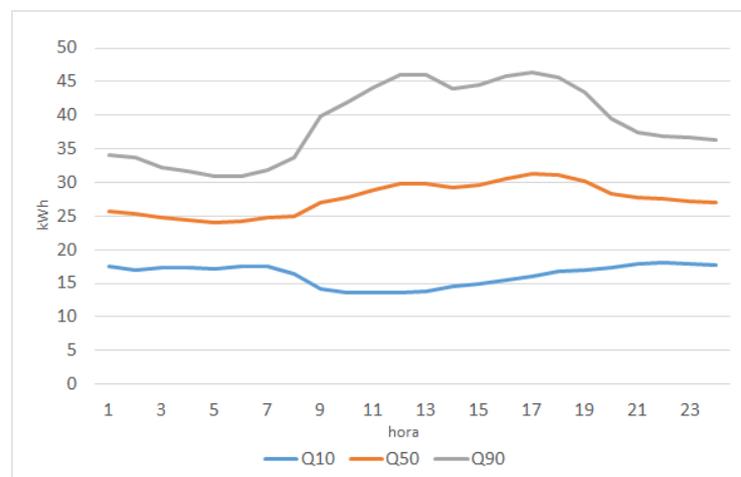
Como se pode verificar na figura 5.23, ao contrário do sucedido no quadro da FADEUP, a distribuição neste caso apresenta uma maior simetria. Ou seja, o valor da média foi próximo do valor do quantil de 0.5.

Verificou-se que durante a hora de pico (12h) houve 90% de probabilidade do consumo ser 90 kWh ou menor, 50% de ser 60 kWh ou menor e 10% de ser 45 kWh. Ou seja, é no intervalo de 45 a 90 kWh que se encontra a gama de maior probabilidade para os consumos.

No caso de funcionamento normal, o valor dos quantis acompanharam a mesma evolução. Contudo, na outra condição, após as 7h verificou-se que o intervalo dos valores mais prováveis sofreu um aumento para ambos os extremos. Ou seja, os valores não estiveram tão concentrados e a sua gama de variação passou de 10 para 20 kWh.



(a)

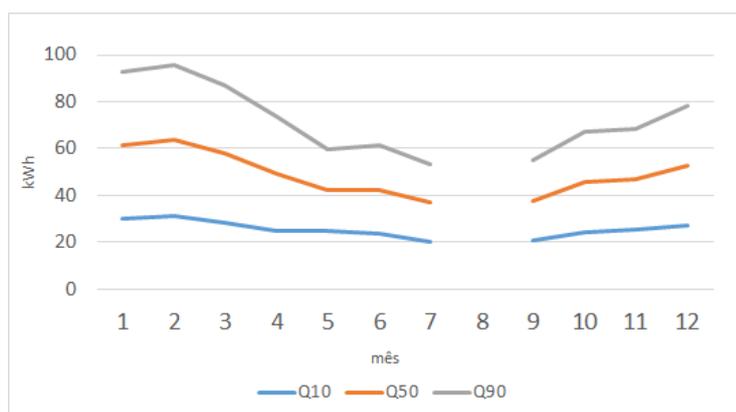


(b)

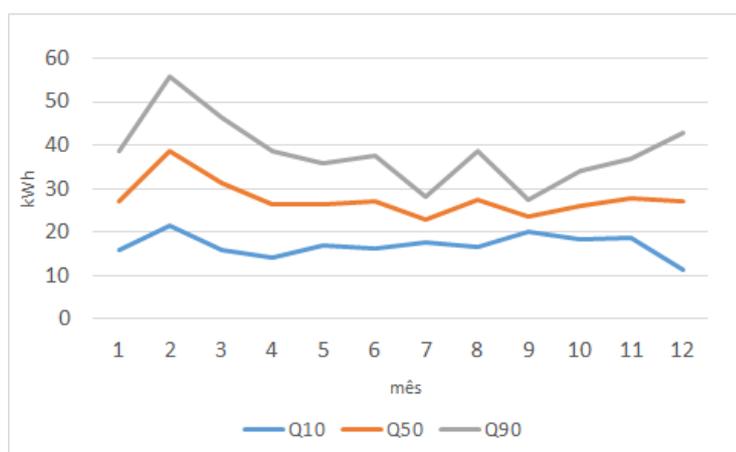
Figura 5.23: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FAUP4 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Por sua vez, no padrão de consumo mensal com funcionamento normal ilustrado na figura 5.24, verificou-se a distribuição dos valores a apresentar novamente uma simetria, ou seja, com o valor médio a estar sempre próximo do valor da mediana. Ainda nesta condição, observou-se que o mês com maior gama de valores foi o de Fevereiro com 80% de probabilidade do consumo estar entre 20 e 100 kWh. Em contraste, o mês de Julho e Setembro apresentaram um intervalo a ir aproximadamente de 20 a 50 kWh.

No caso da condição de "sem funcionamento" verificou-se que em Fevereiro, além do valor mais alto a ser atingido, a gama de valores prováveis para o consumo também foi superior aos restantes. Com uma diferença de 35 kWh entre o Q10 e o Q90. Em contraste, nos meses de Julho e Setembro verificou-se uma menor gama de variação que não ultrapassou os 10 kWh.



(a)



(b)

Figura 5.24: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FAUP4 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### 5.3.2.3 Análise do desempenho energético do quadro mais relevante

Na figura 5.25 é então possível verificar o resultado obtido para o desempenho energético do quadro mais significativo da FAUP. Neste caso, já é possível verificar uma variação do desempenho energético associada à sazonalidade. Tal como se pode ver, os meses mais frios apresentaram desempenho energético superior ao ideal. Por sua vez, os meses de Verão apresentaram um bom desempenho energético, com valores mais baixos que a referência.

No meses com pior desempenho energético verifica-se que a situação é ligeiramente pior na condição de funcionamento normal da UO. Facto que pode ser associado ao maior consumo atribuído nesses dias. Assim, é de notar que em Janeiro de 2016, na situação de funcionamento normal o desempenho energético não foi nada favorável, ao passo que na condição de "sem funcionamento" esteve abaixo da referência.

Por sua vez, nos meses com melhor desempenho (como Julho de 2015, e Junho e Julho de 2016), este ainda que abaixo da referência, foi menos favorável nos dias em que a UO se encontrou encerrada.

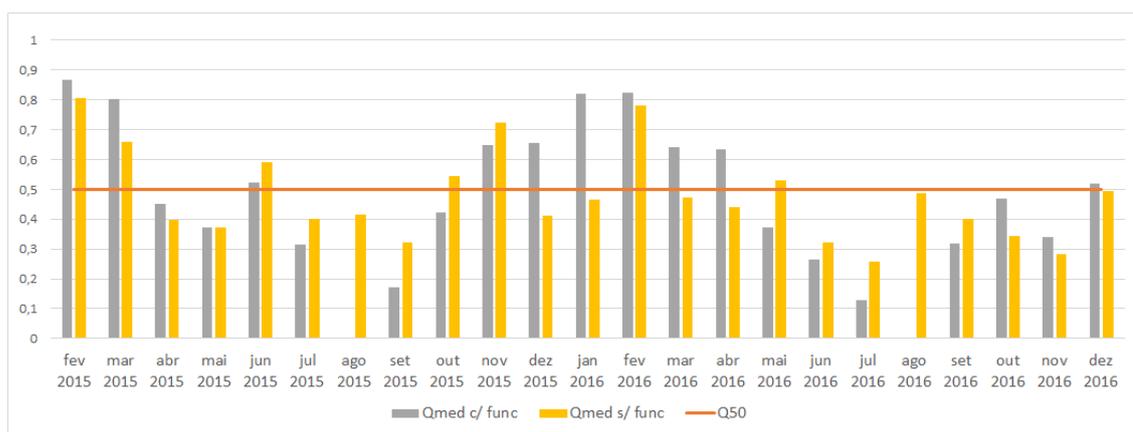
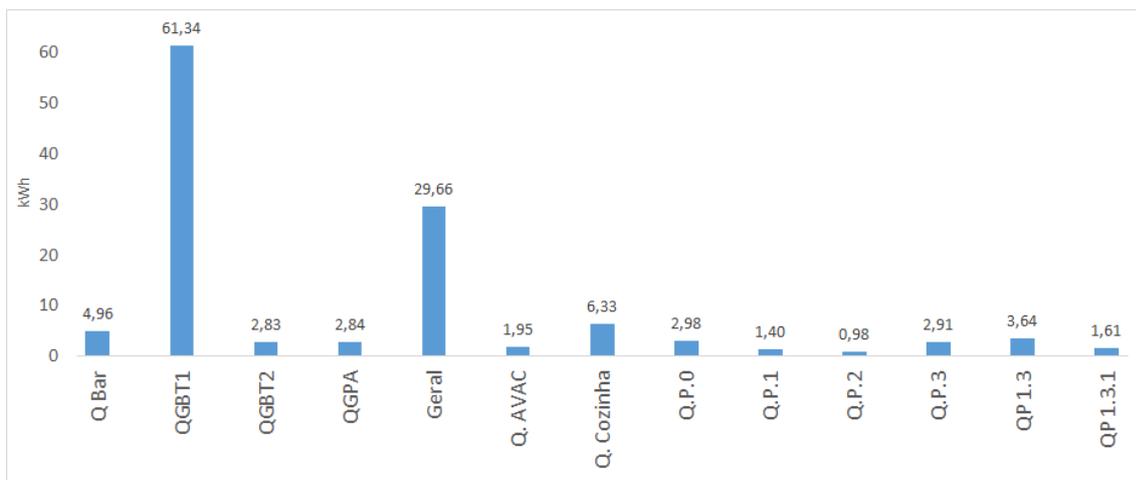


Figura 5.25: Desempenho energético relativo ao quadro FAUP4 - Geral

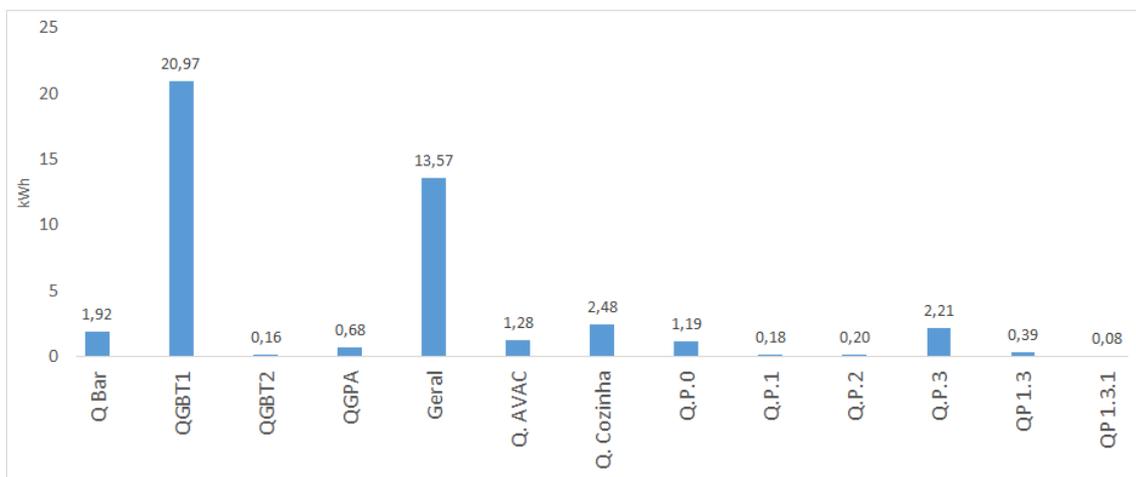
### 5.3.3 FBAUP

#### 5.3.3.1 Comparação do consumo médio entre quadros

Como se pode verificar na figura 5.26 existem 2 quadros que sobressaíram, mantendo a mesma ordem em ambas as condições de funcionamento. Assim os quadros considerados como mais significativos nesta UO foram, por ordem decrescente, o QGBT1 e o Geral.



(a)



(b)

Figura 5.26: Comparação do consumo médio dos quadros da FBAUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

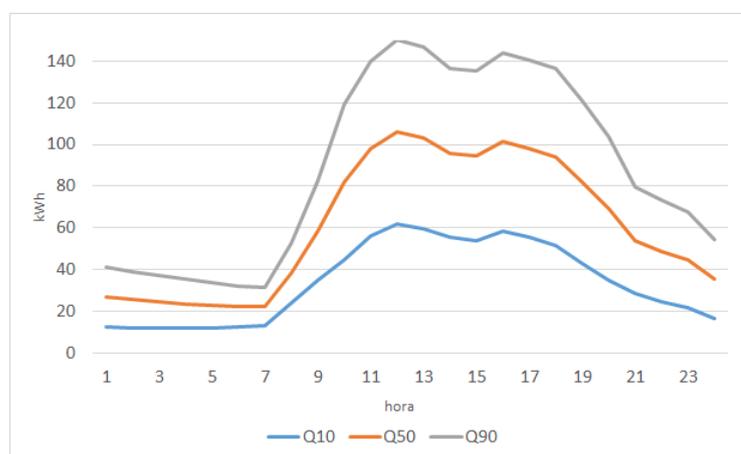
Desta forma, o quadro cuja análise é mostrada em seguida é a do QGBT1, estando o outro em anexo.

### 5.3.3.2 Definição do padrão de consumo de cada quadro

Como se pode verificar na figura 5.27, tal como no caso da FAUP, verificou-se que a média foi próxima ao valor do quantil de 0.5 e que a evolução do perfil de consumo foi semelhante ao longo do dia para os vários quantis.

Verificou-se que durante a hora de pico (12h), o intervalo de maior probabilidade para os valores, foi aproximadamente de 60 a 150 kWh. Em contraste, até às 7h (horas de menos consumo) deu-se a menor gama de valores dos consumos, a variar apenas de 10 a 30 kWh.

No caso de não haver funcionamento normal na UO, verificou-se que o padrão de consumo não foi tão estável como na condição anterior, com os valores a não estarem tão concentrados perto da mediana. Neste caso, na hora de pico (16h) e com maior gama, o consumo apresentou valores poder variar entre 0 e 50 kWh.



(a)



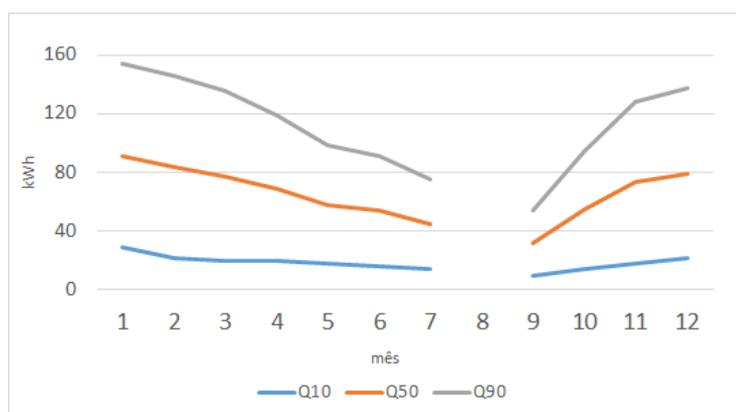
(b)

Figura 5.27: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FBAUP1 - QGBT1: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

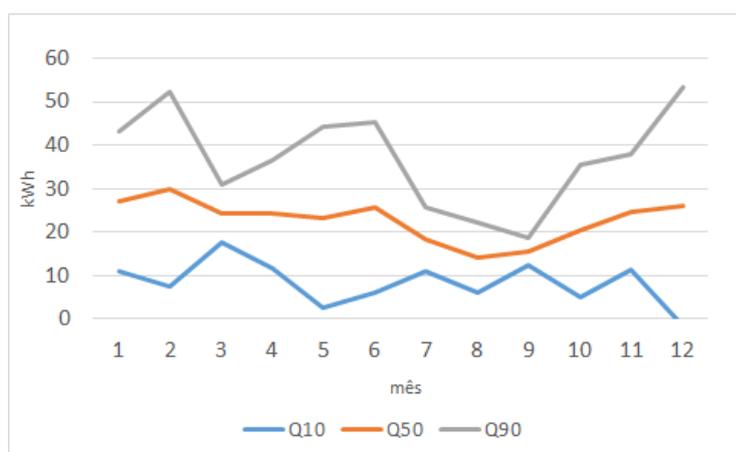
Por sua vez, analisando o padrão de consumo mensal com funcionamento normal ilustrado na figura 5.27, tal como no quadro da FAUP, verificou-se a distribuição dos valores a apresentar uma simetria, ou seja, com o valor médio a estar sempre próximo do valor da mediana.

Ainda nesta condição, observou-se que o mês com maior gama de valores foi o de Janeiro, com 80% de probabilidade do consumo estar entre 30 e 160 kWh. Em contraste, o mês de Setembro apresentou um intervalo a ir aproximadamente de 10 a 60 kWh. Situação novamente de acordo com os maiores consumos a estarem associados aos meses mais frios e um menor uso das instalações em alguns meses como Setembro.

No caso da condição de "sem funcionamento", verificou-se de novo que o padrão de consumo não é tão estável, apresentando mais oscilações. Ou seja, a gama de intervalos com valores mais prováveis sofreu mais variações ao longo dos meses. Sendo que a maior gama de valores verificada foi durante Maio e Junho e a menor novamente em Setembro.



(a)



(b)

Figura 5.28: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FBAUP1 - QGBT1: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### 5.3.3.3 Análise do desempenho energético do quadro mais relevante

Na figura 5.29 é então possível verificar o resultado obtido para o desempenho energético do quadro mais significativo da FBAUP.

É de notar a falta de alguns dados neste quadro durante o mês de Fevereiro e Março de 2015. Posto isto, para os restantes volta a ser possível verificar uma variação do desempenho energético associada à sazonalidade. Apresentando novamente um desempenho energético superior ao ideal nos meses mais frios e um bom desempenho energético nos meses de Verão. Contudo é de notar que em Junho de 2015, desempenho energético quando a UO se encontrou encerrada foi bastante superior à referência. Este facto pode de novo ser associado à avaliações que acontecem neste mês. Contudo, é de realçar que o mesmo não se verificou no caso de Junho de 2016.

No meses com pior desempenho energético verificou-se que a situação continua a ser pior na condição de funcionamento normal da UO. Por sua vez, nos meses com melhor desempenho (como Julho e Setembro de 2015, e Junho, Julho e Setembro de 2016) o desempenho energético ainda que abaixo da referência, foi menos favorável nos dias em que a UO se encontrou encerrada.

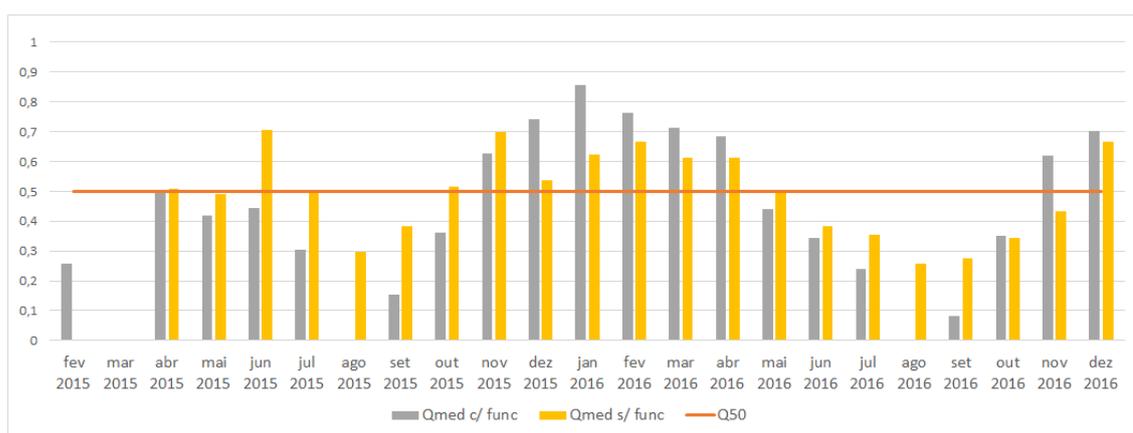
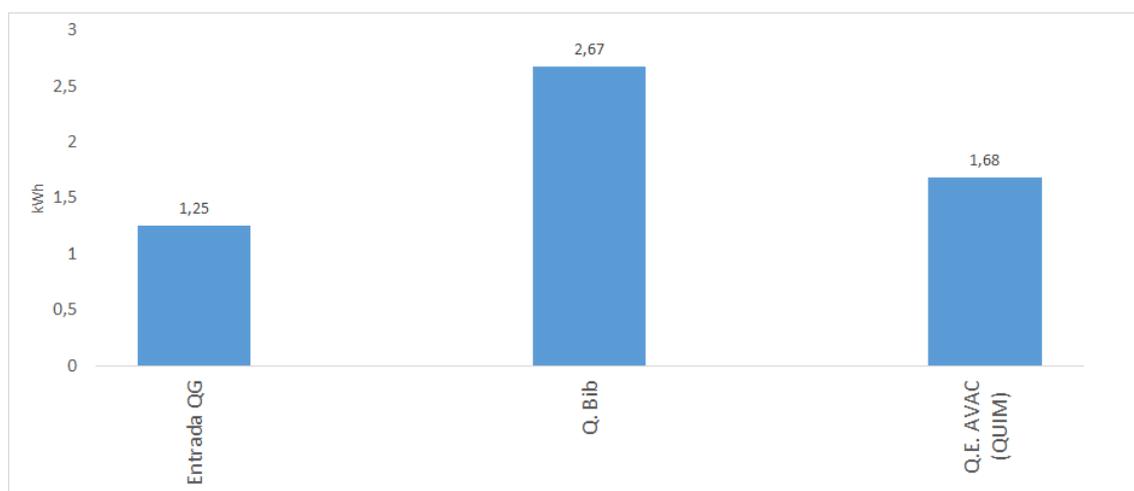


Figura 5.29: Desempenho energético relativo ao quadro FBAUP1 - QGBT1

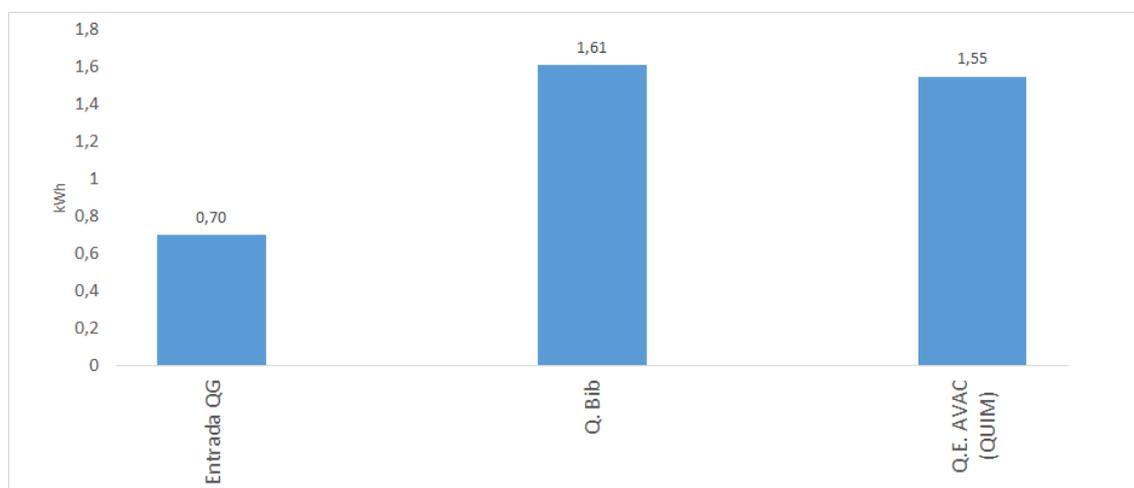
### 5.3.4 FDUP

#### 5.3.4.1 Comparação do consumo médio entre quadros

Como se pode observar na figura 5.30, neste caso existem apenas 3 quadros disponíveis, com valores baixos e não muito discrepantes, sendo o Q. Bib um pouco superior aos restantes.



(a)



(b)

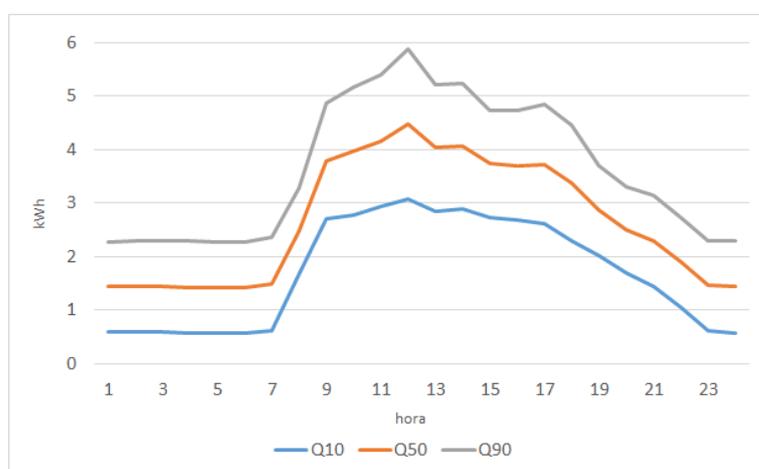
Figura 5.30: Comparação do consumo médio dos quadros da FDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Desta forma, o quadros cuja análise é mostrada em seguida é a do Q.Bib, estando os restantes em anexo.

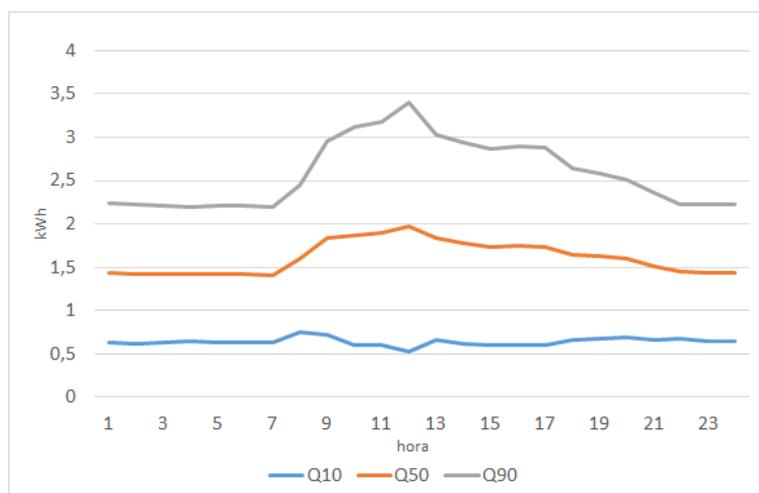
### 5.3.4.2 Definição do padrão de consumo de cada quadro

Como se pode verificar na figura 5.31, voltou-se a verificar uma estabilidade no padrão de consumo diário quando a UO está em funcionamento, à semelhança das anteriores. É de notar que o intervalo de valores diminui por um curto período entre as 7h e as 9h, aquando do início do consumo típico diário. Desta forma, revelando que neste horário os consumos se aproximam bastante da mediana.

No caso da condição de "não funcionamento", observa-se a diminuição da concentração dos valores após as 7h, também coincidindo com o início do consumo diário. Com a variação a duplicar entre o período com menos consumo e o período em que este aumenta. Após esta mudança o padrão manteve-se estável até ao final do dia.



(a)

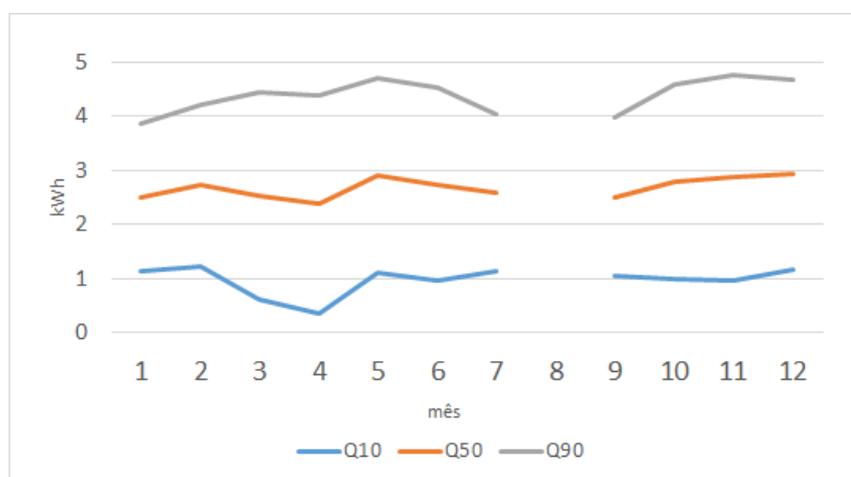


(b)

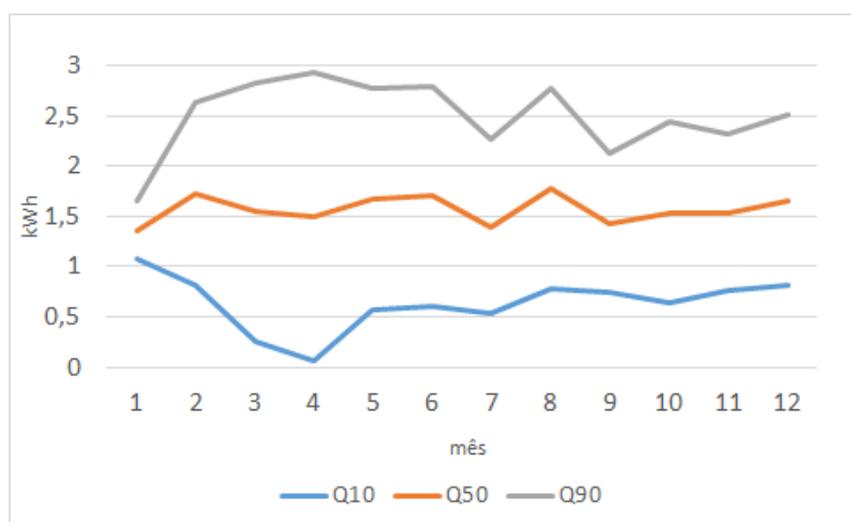
Figura 5.31: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FDUP - Q.Bib: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Por sua vez, como se pode verificar na figura 5.32, e tal como se tem vindo a verificar no caso de funcionamento normal, há uma estabilidade no padrão de consumo com funcionamento normal, que por sua vez não é tão definida na condição oposta. Nesta, verificou-se alguma oscilação na gama de valores.

Em ambos os casos, o mês de Abril foi o que apresentou menor concentração de valores, ou seja, uma gama de valores mais ampla. Em contrário ao mês de Setembro, em que o intervalo de valores foi o mais reduzido de todos.



(a)



(b)

Figura 5.32: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FDUP - Q.Bib: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### 5.3.4.3 Análise do desempenho energético do quadro mais relevante

Na figura 5.33 é então possível verificar o resultado obtido para o desempenho energético do quadro mais significativo da FDUP. Ora, neste caso, apesar de se continuar a notar a influência da sazonalidade no desempenho energético, esta não foi tão acentuada no Verão de 2015. Ou seja, os consumos não variaram tanto positivamente em relação à referência como se costuma verificar ao longo deste período. Este facto pode ser associado por estarmos a analisar um quadro relativo a uma biblioteca e esta ter estado com maior uso no período de exames corresponde ao segundo semestre. Contudo, é de notar que no ano seguinte já se verificou um desempenho energético bastante mais baixo em relação ao anterior.

Novamente verificou-se que nos meses com pior desempenho energético, a situação continuou a ser pior na condição de funcionamento normal da UO. Por sua vez, nos meses com melhor desempenho, este andou geralmente nos mesmos valores nas duas condições de funcionamento. Sofrendo neste caso uma alteração menor face aos meses de Inverno.

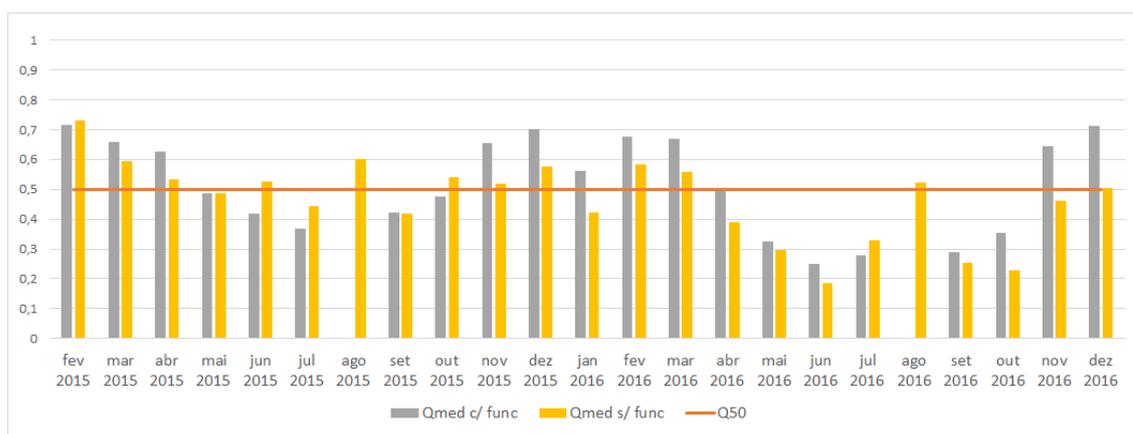
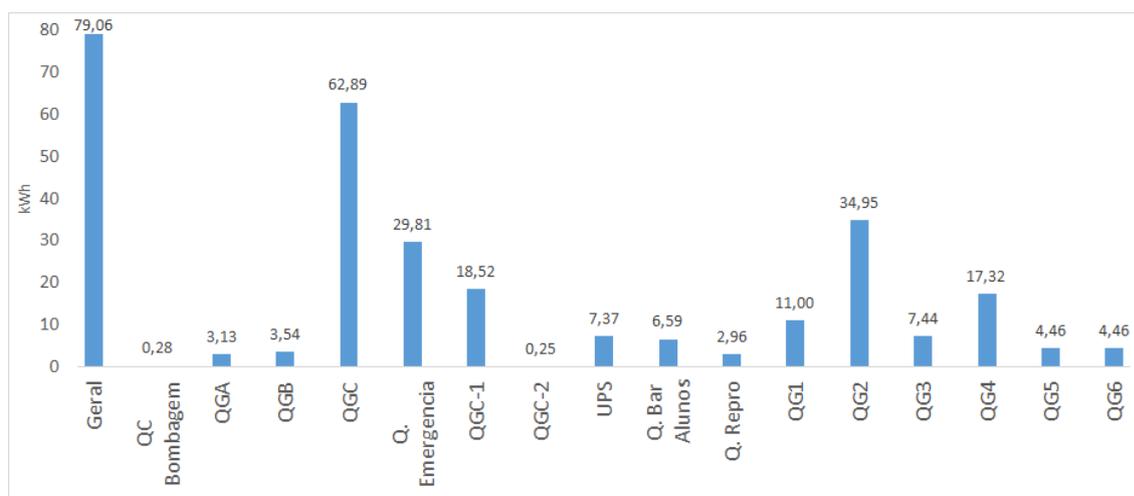


Figura 5.33: Desempenho energético relativo ao quadro FDUP - Entrada QG

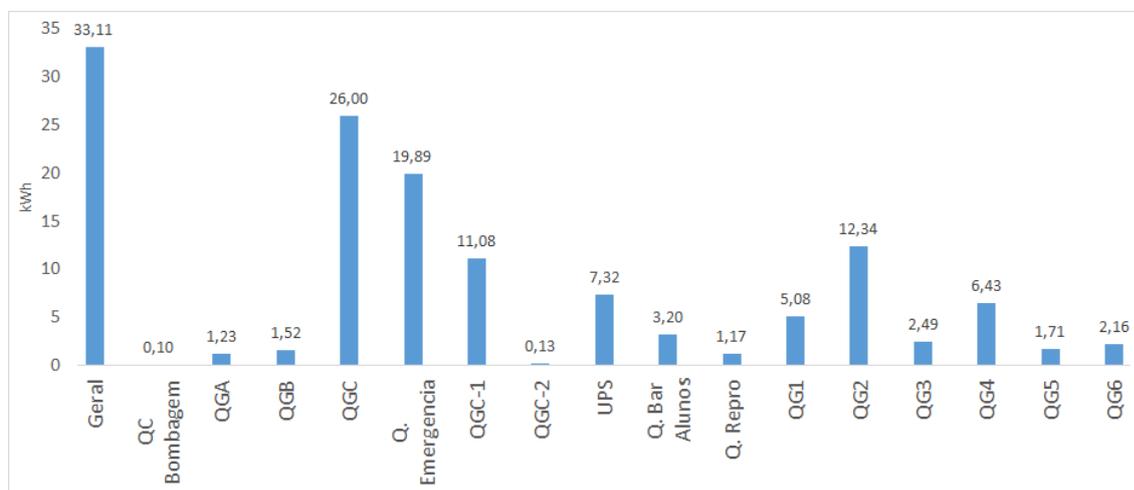
### 5.3.5 FLUP

#### 5.3.5.1 Comparação do consumo médio entre quadros

Como se pode verificar na figura 5.34 existem 3 quadros que se destacam, mantendo a mesma ordem em ambas as condições de funcionamento. Assim os quadros considerados como mais significativos nesta UO foram, por ordem decrescente, o Geral, o QGC, OQG2



(a)



(b)

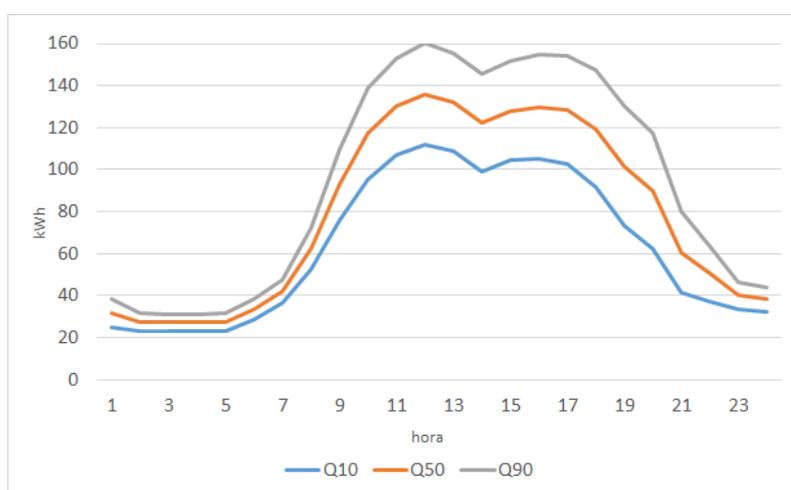
Figura 5.34: Comparação do consumo médio dos quadros da FLUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Desta forma, o quadros cuja análise é mostrada em seguida é o Geral, estando os restantes em anexo.

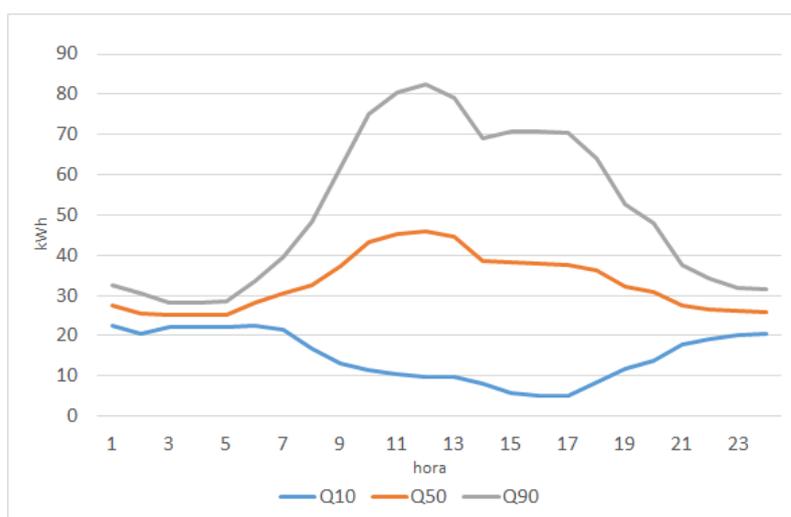
### 5.3.5.2 Definição do padrão de consumo de cada quadro

Tal como se pode verificar na figura 5.35, o padrão de consumo foi estável à semelhança de outros obtidos, como por exemplo o da FBAUP. Verificou-se que durante a hora de pico (12h), o intervalo de maior probabilidade para os valores foi aproximadamente de 110 a 160 kWh. Em contraste, das 0h às 7h deu-se a menor gama de probabilidade dos consumos, a variar cerca de 10 kWh entre o máximo e mínimo.

Na outra condição de funcionamento, verificou-se também que a menor gama de valores se deu nas horas de baixo consumo. Sendo que após as 7h o intervalo dos valores mais prováveis sofreu um aumento para ambos os extremos. Por outras palavras, os valores não estiveram tão concentrados e a sua gama de variação passou de 10 kWh para cerca de 30 kWh.



(a)

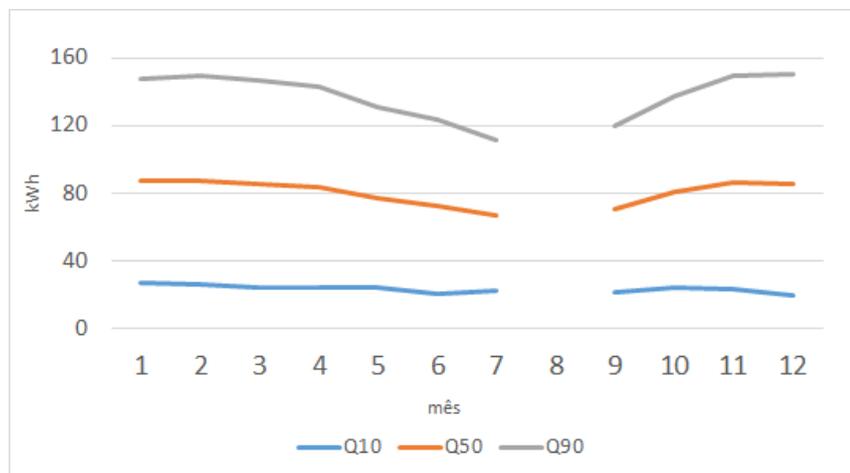


(b)

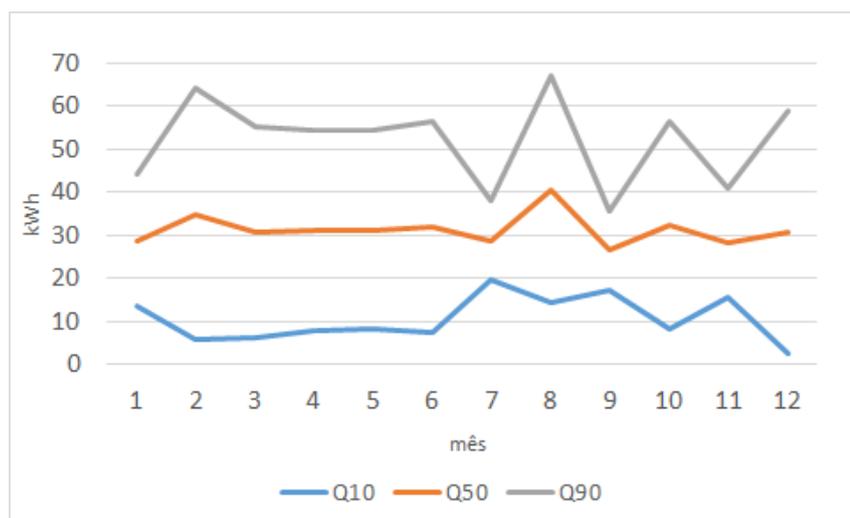
Figura 5.35: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FLUP1 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

No caso do consumo mensal ilustrado na figura 5.36, para a situação de funcionamento normal voltou-se a verificar uma estabilidade no padrão mensal, com os valores a apresentarem concentrações semelhantes ao longo dos meses.

Já na condição de funcionamento oposta, essa estabilidade apenas se observou de Março a Junho. Deste mês até Dezembro, houve oscilações entre os vários meses, principalmente em Agosto. Posto isto, houve uma diminuição do intervalo de valores em Setembro, para depois em Outubro esta voltar a aumentar com as atividades letivas já a funcionar em pleno.



(a)



(b)

Figura 5.36: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FLUP1 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### 5.3.5.3 Análise do desempenho energético do quadro mais relevante

Na figura 5.37 é então possível verificar o resultado obtido para o desempenho energético do quadro mais significativo da FLUP. De forma geral, observou-se que o seu desempenho energético é razoável, apresentando alguns ligeiros desvios em relação à referência.

Para a condição de funcionamento normal, é possível verificar uma variação mais uma vez associada à sazonalidade, com os meses de Outubro até Abril de 2015, a apresentarem um desempenho energético que ultrapassa a referência.

Por outro lado, para a condição de "sem funcionamento", os valores de desempenho não foram muito afetados pela sazonalidade, andando geralmente um pouco inferiores à referência. À exceção do mês de Agosto, em que o desempenho energético ficou um pouco aquém do esperado. Facto este, que pode ser associado ao consumo global da FLUP ter subido 20 kWh em relação ao resto do ano.

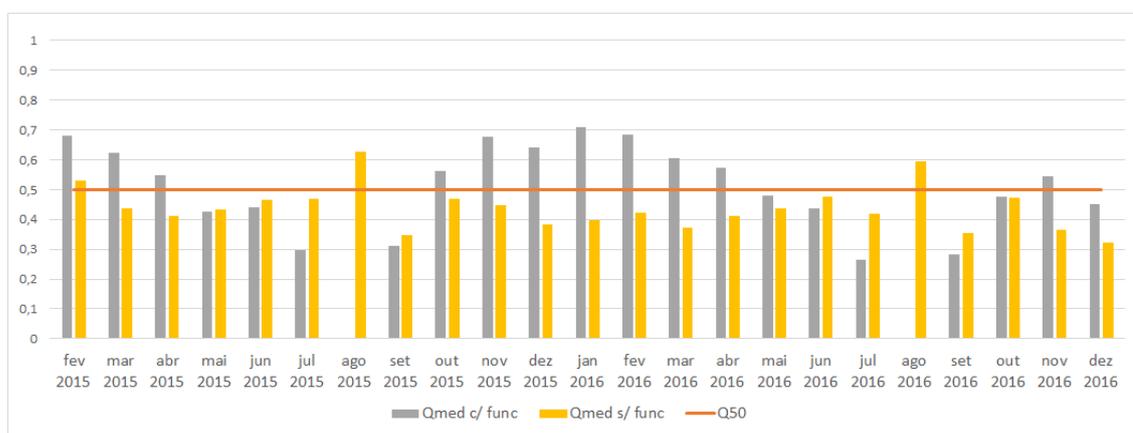
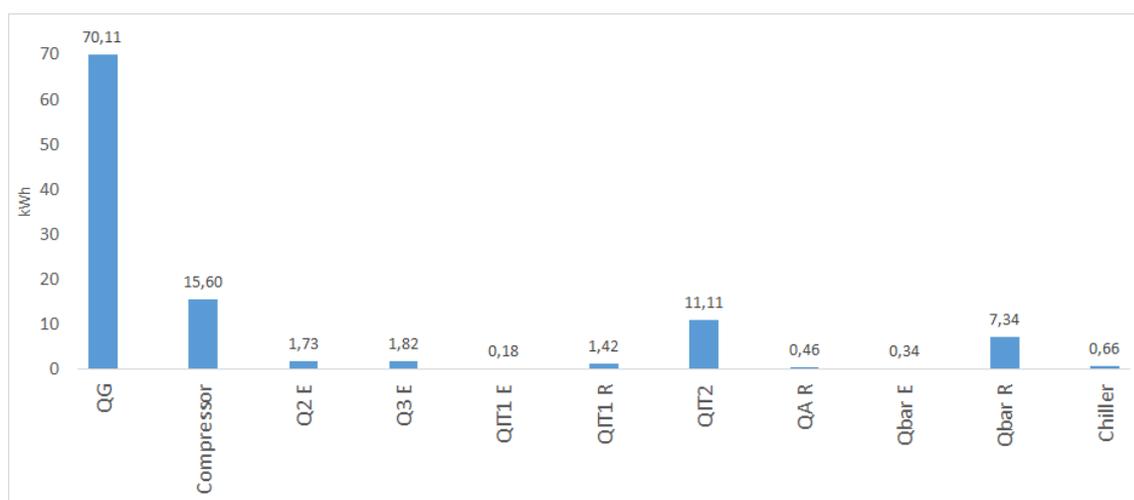


Figura 5.37: Desempenho energético relativo ao quadro FLUP1 - Geral

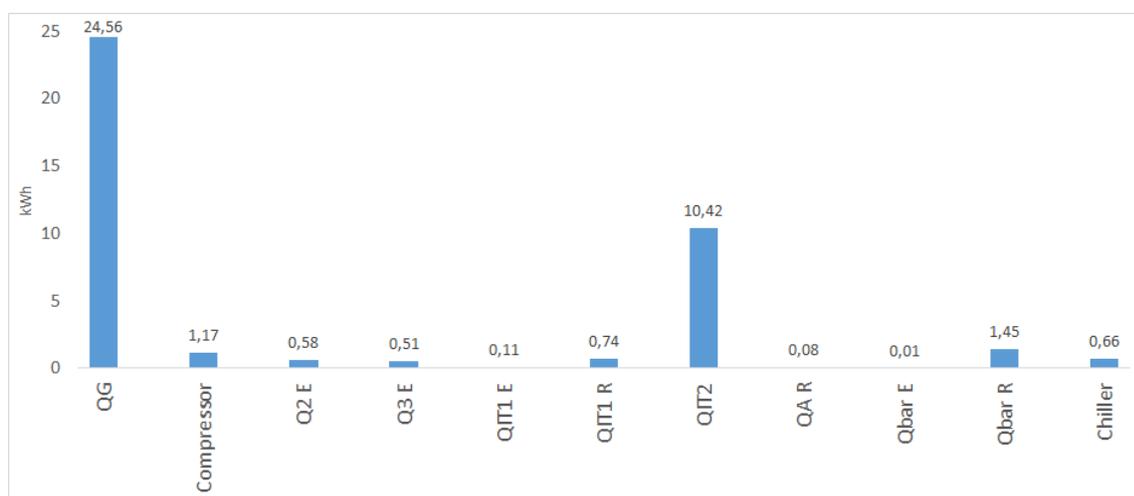
### 5.3.6 FMDUP

#### 5.3.6.1 Comparação do consumo médio entre quadros

Como se pode verificar na figura 5.38 existem 3 quadros que se destacam, contudo a situação não se mantém igual em ambas as condições de funcionamento. Assim os quadros considerados como mais significativos nesta UO foram, por ordem decrescente, o CG, o compressor e o QIT2.



(a)



(b)

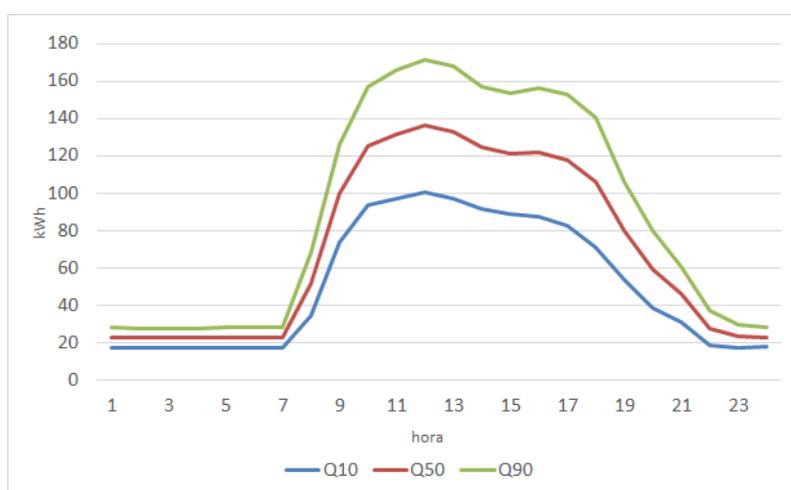
Figura 5.38: Comparação do consumo médio dos quadros da FMDUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Desta forma, o quadros cuja análise é mostrada em seguida é o CG, estando os restantes em anexo.

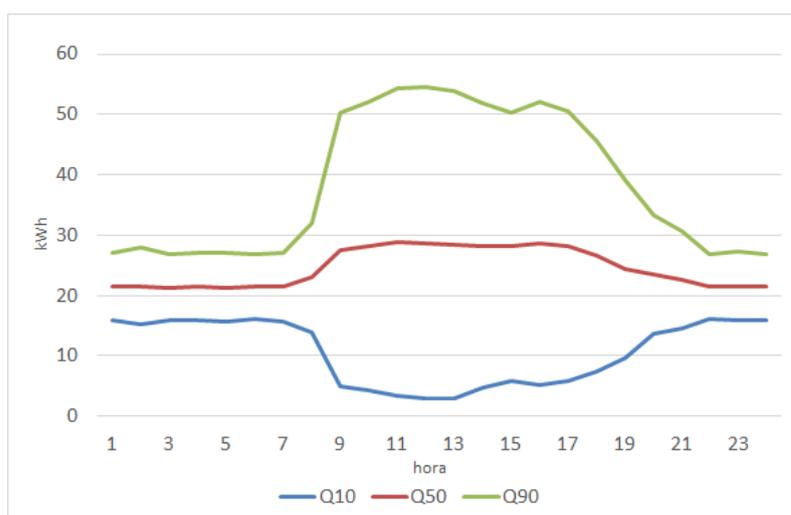
### 5.3.6.2 Definição do padrão de consumo de cada quadro

Como se pode verificar na figura 5.39, os padrões de consumo deste quadro da FMDUP foram semelhantes aos do padrão da FLUP. Ou seja, apresentaram uma concentração grande de valores nas horas de baixo funcionamento, não ultrapassando os 10 kWh de variação. Por outro lado, nas horas em que o consumo foi maior, a gama de valores também aumentou.

No caso de funcionamento normal observou-se uma estabilidade no padrão de consumo diário e na evolução dos valores correspondentes aos quantis. Já no caso da condição "sem funcionamento", verificou-se um grande alargamento da gama onde os valores se podiam encontrar após as 7h até às 21h, passando de um intervalo de 15 kWh, para um de 50 kWh.



(a)

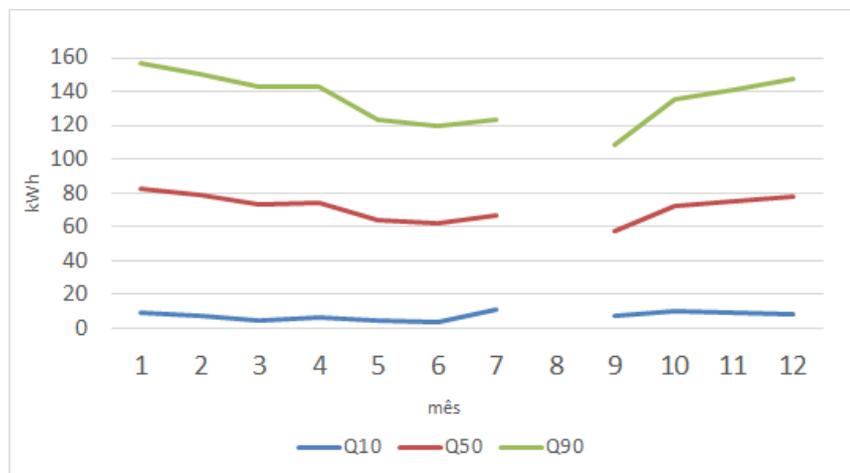


(b)

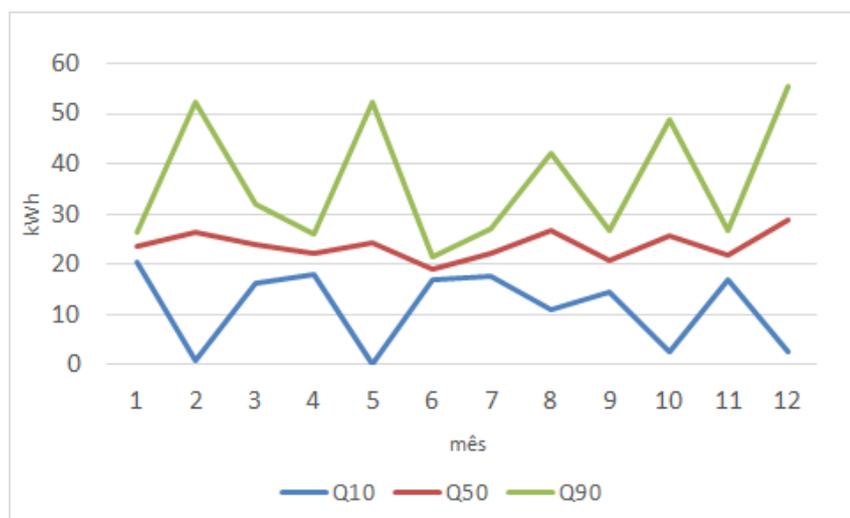
Figura 5.39: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FMDUP1 - CG: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Conforme ilustrado na figura 5.40, no caso de funcionamento normal, voltou-se a verificar uma estabilidade no padrão mensal, com os valores a apresentarem concentrações semelhantes ao longo dos meses, variando entre os 5 kWh e os 160 kWh.

Já na condição de "sem funcionamento" não houve qualquer estabilidade ao longo do ano. Pelo contrário, é possível observar que houve oscilações entre os vários meses. Sendo que os meses de Fevereiro, Maio e Outubro foram os que tiveram uma maior gama de valores prováveis para o consumo, chegando a apresentar intervalos de 50 kWh. É ainda de notar que nesta condição, Junho apresentou uma gama de valores muito estreita, mostrando assim um padrão bastante fixo de consumo.



(a)



(b)

Figura 5.40: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FMDUP1 - CG: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### 5.3.6.3 Análise do desempenho energético do quadro mais relevante

Na figura 5.41 é então possível verificar o resultado obtido para o desempenho energético do quadro mais significativo da FMDUP. É de notar que não houve valores a analisar de Fevereiro a Maio de 2015.

Durante o resto dos meses voltou-se a verificar a sazonalidade a ter um papel preponderante no desempenho energético, principalmente perante a condição "com funcionamento".

Será também interessante notar que nos meses de Verão de 2016 o desempenho energético foi bastante bom, com valores bem abaixo da referência. Curiosamente, à semelhança do sucedido na FDUP, no Verão anterior o desempenho não foi tão bom, com valores já um pouco superiores à referência. Ou seja, a sazonalidade neste período não teve o efeito positivo que geralmente apresenta nos meses de mais calor.

É claramente perceptível uma evolução favorável no desempenho energético ao longo da leitura de dados disponíveis.

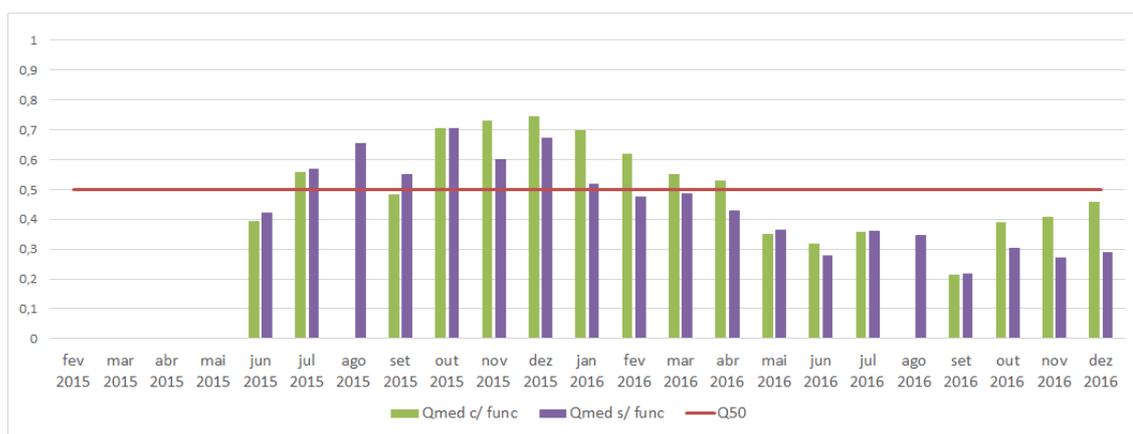
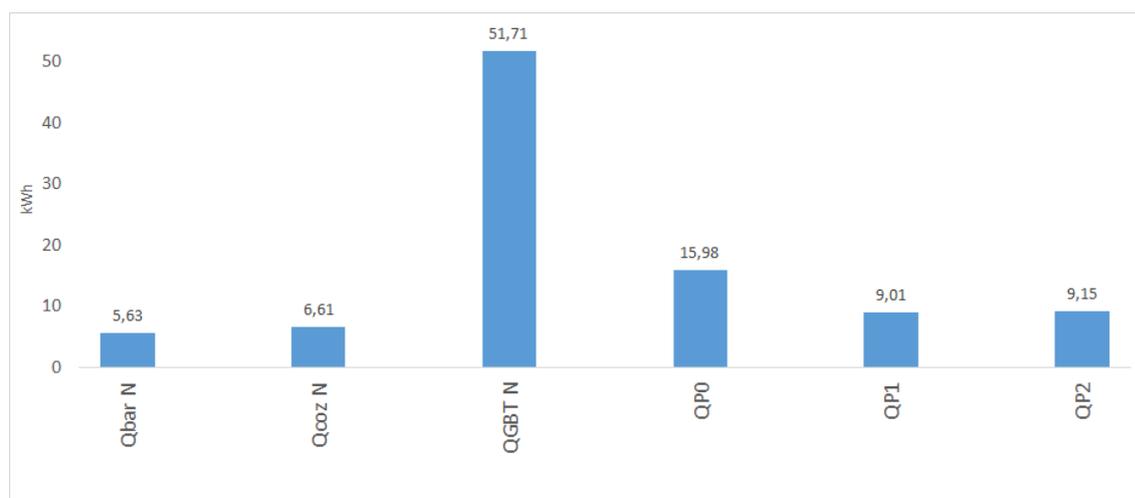


Figura 5.41: Desempenho energético relativo ao quadro FMDUP1 - CG

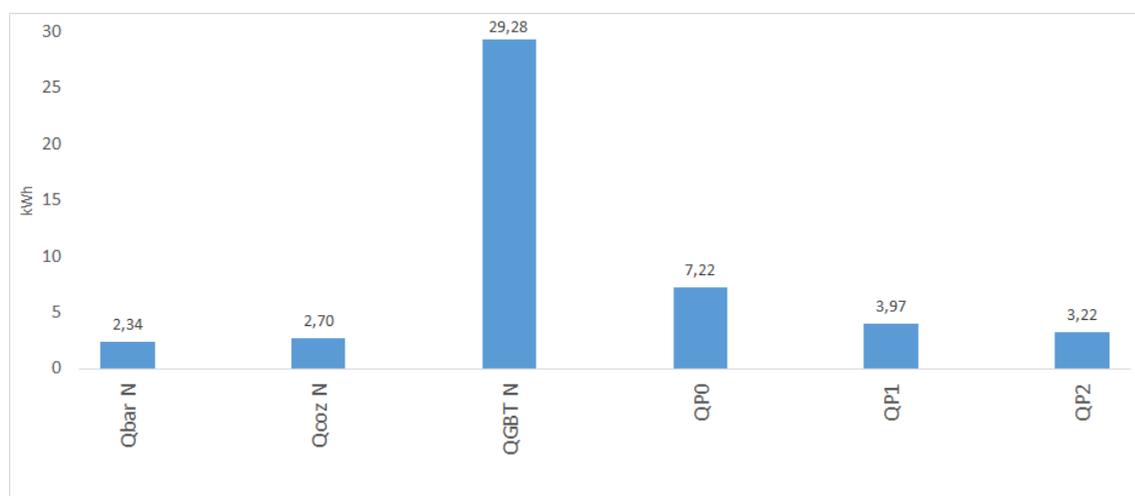
### 5.3.7 FPCEUP

#### 5.3.7.1 Comparação do consumo médio entre quadros

Como se pode verificar na figura 5.38 existem 3 quadros que se destacam, mantendo o mesmo resultado em ambas as condições de funcionamento. Assim os quadros considerados como mais significativos nesta UO foram, por ordem decrescente, o QGBT N, e o QP0 e QP2.



(a)



(b)

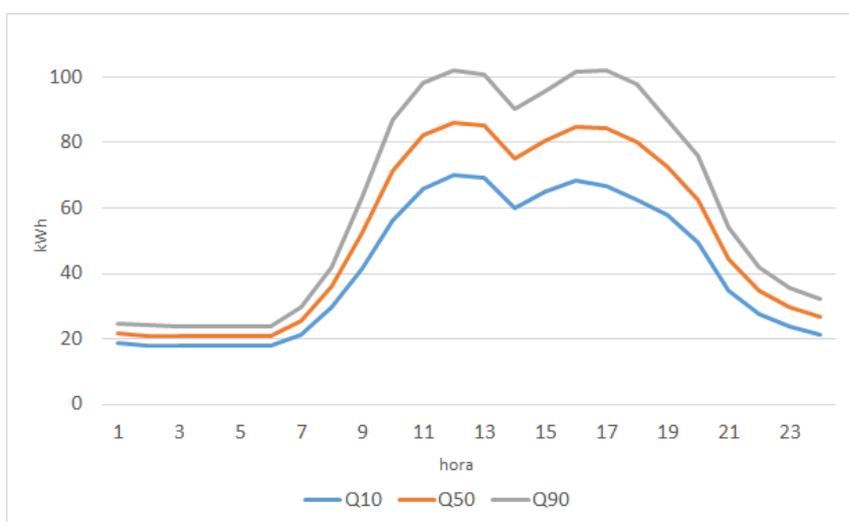
Figura 5.42: Comparação do consumo médio dos quadros da FPCEUP: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

Desta forma, o quadro cuja análise é mostrada em seguida é a do QGBT N, estando os restantes em anexo.

### 5.3.7.2 Definição do padrão de consumo de cada quadro

Como se pode ver na figura 5.43 o padrão de consumo deste quadro da FPCEUP mantém o padrão geralmente observado até aqui para os outros quadros, na mesma condição de funcionamento. Apresentando uma evolução estável e uma gama de valores maior durante as horas de maior consumo, conforme seria de esperar.

Por sua vez, na condição oposta, o alargamento da gama de variação é mais notável, passado dos 10 kWh nas horas de menor funcionamento, para os 50 kWh de intervalo.



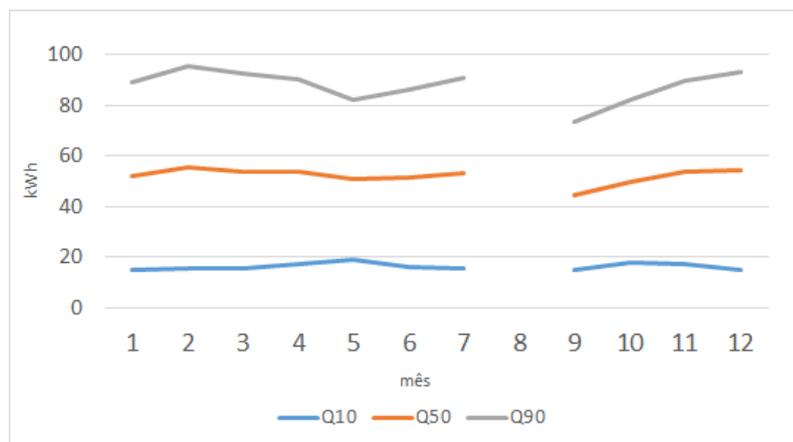
(a)



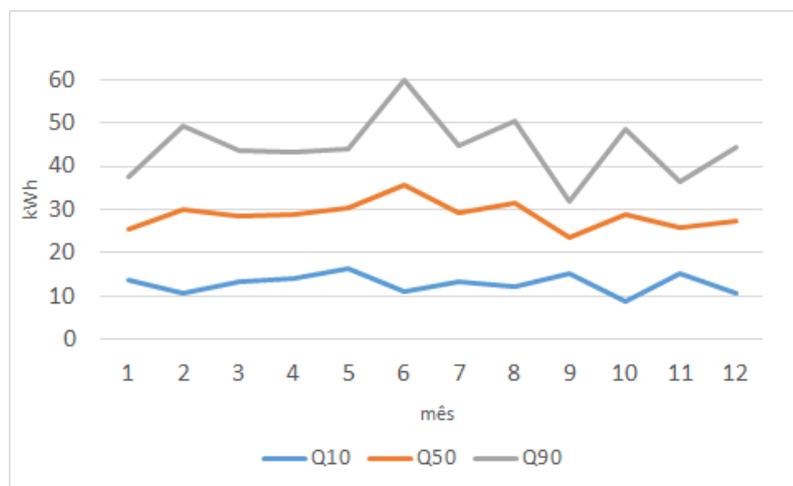
(b)

Figura 5.43: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FPCEUP1 - QGBTN: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

No caso do padrão mensal ilustrado pela figura 5.44, verificou-se a típica estabilidade até aqui observada nos outros quadros, quando na situação de funcionamento. Por sua vez, na situação contrária, a estabilidade só se manteve entre Fevereiro e Maio, muito à semelhança do que aconteceu no quadro da FAUP. Oscilando nos restantes meses, com o maior intervalo de valores a estar em Junho e Outubro.



(a)



(b)

Figura 5.44: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FPCEUP1 - QGBTN: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### 5.3.7.3 Análise do desempenho energético do quadro mais relevante

Por fim, na figura 5.45 é então possível verificar o resultado obtido para o desempenho energético do quadro mais significativo da FPCEUP. Tal como esperado, é identificável a influência da sazonalidade nos níveis de desempenho energético. No entanto é realçar que esta teve mais impacto no inverno de 2015, a apresentar um pior desempenho energético.

Já No inverno de 2016 o desempenho esteve próximo do nível tido como referência. Ou seja, claramente houve uma melhoria no desempenho energético de um ano para o outro.

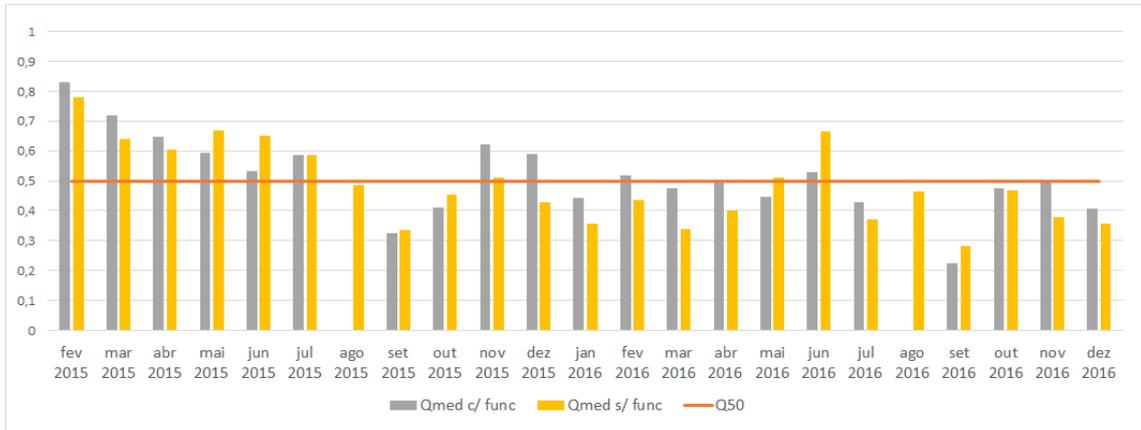


Figura 5.45: Desempenho energético relativo ao quadro FPCEUP1 - QGBTN



## Capítulo 6

# Conclusões

### 6.1 Considerações iniciais

Verificou-se então que, de forma global, e ainda que com algumas limitações, ao longo desta dissertação se reponderam ao objetivos propostos no capítulo 1. Contudo, logo no primeiro objetivo que era a recolha, processamento e sincronização de informação de consumos das UO, começou por surgir uma limitação, visto os valores não serem os consumos agregados, mas sim dos vários quadros elétricos individualmente. Desta forma, as análises de desempenho não puderam ser globais. No entanto, o lado positivo é que assim permitiu uma visão mais detalhada do que está a acontecer a nível dos consumos. Dado que foi possível identificar, quadro a quadro, o seu desempenho energético.

É importante referir que a correta monitorização é crucial para verificar os consumos energéticos e assim se chegar ao valor real do desempenho energético. Contudo, esta por vezes apresenta falhas associadas a erros de leitura ou a manobras de manutenção. Neste contexto, é de referir que surgiu alguma dificuldade associada a problemas de leitura de alguns quadros, seja por erros ou por manobras de manutenção (como no caso da FADEUP). É de salientar que, de todos os quadros disponíveis para análise, 13% foram considerados irrelevantes, e 25% tiveram que ser filtrados. Assim, mostra-se a devida importância que a monitorização tem, e que atenção nesta fase inicial é muito importante para ser possível uma análise correspondente à realidade.

Contudo, após o tratamento e filtro dos dados já foi possível proceder à devida identificação das metodologias de definição de padrões de consumo de referência de cada quadro com sucesso e ainda à definição dos indicadores de desempenho energético adequados. Ora, como todo o tratamento de dados se desenvolveu com base em análise estatística, é de notar o erro naturalmente associado quando se trabalha com valores médios. No entanto, este facto também revelou aspetos positivos na medida que atenuou valores discrepantes e pontuais.

## 6.2 Considerações relativas à análise dos consumos globais

Primeiramente é necessário apontar que, dado à impossibilidade de obter os esquemas das ligações elétricas, os valores considerados não têm em conta as devidas ramificações das unidades de medição. Assim, é mais interessante analisar os resultados pela sua evolução e comparação proporcional, em vez de valores absolutos.

Antes de ser feita a análise específica do padrão de consumo e desempenho energético a cada quadro, foi interessante analisar a evolução e as grandezas dos consumos de forma global entre as várias UO. Desta forma, verificou-se que a FLUP foi a que apresentou os maiores níveis de consumo, naturalmente devido aos seus cerca de 4 mil utilizadores, face ao número médio de 1 500 das restantes. Além disso, é de realçar os valores de consumo bastante reduzidos da FDUP, apesar do seu número de utilizadores ser semelhante à maioria. Assim, mais uma vez leva-se a crer que ambos os resultados obtidos para o caso da FDUP e FADEUP não correspondem à realidade.

Ora, analisando os consumos globais das UO por dia, verificou-se que geralmente a evolução diária e mensal, foi semelhante em todas. Contudo, mantendo a devida proporcionalidade associada à grandeza dos consumos. No caso do consumo diário e na condição "com funcionamento", geralmente verificou-se uma subida acentuada a partir das 7h, a chegar ao pico por volta das 12h. Ao que começa a diminuir ao final da tarde até atingir o valor mínimo. Por sua vez, quando as UO não se encontram em funcionamento, o consumo apresentou uma maior estabilidade ao longo do dia, sem grandes aumentos acentuados.

Já no caso do consumo mensal, geralmente os meses com maior consumo foram Janeiro e Fevereiro. Isto é, os meses com mais frio. No caso da condição de funcionamento normal, verificou-se uma certa estabilidade e mudança gradual nos consumos. Por sua vez, na condição "sem funcionamento", verificaram-se algumas oscilações entre meses muito provavelmente associadas ao uso da UO encerrada, quando em épocas de avaliação.

### 6.2.1 Análises comparativas

Ora, como os dados foram fornecidos relativamente aos quadros dos vários edifícios, a dado ponto mostrou-se interessante tentar fazer uma análise tendo em conta a dimensão e tipo de utilização. Mas esta tarefa revelou-se impossível, na medida que não foi permitido chegar a essas informações.

Como alternativa, e com a finalidade de analisar os consumos em iguais circunstâncias, obteve-se o consumo médio por utilizador em cada UO e comparou-se com o valor médio de referência calculado. Desta forma, verificou-se que a UO com maior consumo foi a FMDUP, com valores bastante superiores às demais. Ora, este facto pode-se atribuir às suas aulas práticas e necessidade de equipamentos adicionais. Além disso, apesar de apresentarem pouca diferença entre si, três das restantes UO apresentaram valores superiores à média, e as outras quatro inferiores. No entanto, mais uma vez é de realçar os valores irrealistas da FDUP e da FADEUP a influenciar esse cálculo.

### **6.3 Considerações relativas à análise dos padrões de consumo e desempenho energético dos vários quadros**

Analisando os padrões de referência do consumo obtidos, na generalidade viu-se que a maioria segue o mesmo padrão. E que, geralmente durante o período de funcionamento normal, o perfil de consumo manteve-se mais estável. É de realçar que os padrões de consumo diários no caso de funcionamento seguiram uma evolução semelhante à verificada na análise do consumo diário das UO, com um claro aumento após as 7h.

Ainda no caso da análise diária, mas na condição "sem funcionamento" verificou-se que a gama de valores aumenta. É possível atribuir a razão dos valores não estarem tão concentrados, ao facto do consumo nestes dias apresentar uma certa pontualidade, isto é, não ser tão definido como nos dias de funcionamento normal.

Já no caso dos padrões de consumo mensal com funcionamento normal, é de realçar que os meses que apresentaram uma maior gama de valores, ou seja, valores mais dispersos, foram os de Janeiro e Fevereiro, associados também ao maior consumo típico dos meses de inverno. No entanto, manteve-se uma certa estabilidade e evolução gradual entre os vários meses. Por outro lado, na condição oposta, verificou-se a existência de oscilações, com a gama a aumentar principalmente na época de Maio e Junho. Este aumento durante os dias em que as UO se encontram encerradas pode ser consequência da crescente utilização nesta época de avaliações.

Posto isto, após a definição dos indicadores de desempenho energético e a criação de metodologias de avaliação temporal do desempenho, verificou-se que, este é geralmente afetado pela sazonalidade. Isto é, nos meses mais frios há um pior desempenho energético. Este naturalmente pode ser associado aos maiores consumos nesta época.

Além disso, de forma geral, verificou-se que nos meses com pior desempenho energético a situação é pior na condição de funcionamento normal. Facto que pode ser associado ao maior consumo e à maior utilização nesses dias. Por sua vez, nos meses com melhor desempenho (durante o período de mais calor geralmente), este ainda que abaixo da referência, foi menos favorável nos dias em que a UO se encontrou encerrada.

Posto isto, é importante referir que apesar de terem sido analisados os padrões de consumo e o desempenho energético para as duas condições de funcionamento, a de funcionamento normal acaba por ter um pouco mais importância, dado que esta corresponde à maioria dos dias de consumo. Contudo, também se mostrou interessante perceber o que acontece quando a UO não está a funcionar normalmente, até porque estes dias também têm um impacto no consumo.

### 6.3.1 Conclusões comparativas entre as UO

Uma das formas de se fazer uma análise comparativa do desempenho entre as várias UO é assumir hipoteticamente que o seu desempenho segue o desempenho do quadro analisado. No entanto, naturalmente esta suposição não corresponde à realidade.

Assim sendo, foram contabilizados os meses em que o desempenho está acima da referência, em cada condição de funcionamento. Desta forma, podem ser comparados esses valores entre as várias UO. Na tabela 6.1 são apresentados os resultados obtidos, sob a forma de percentagem face ao total de meses das suas leituras:

Tabela 6.1: Comparação do desempenho energético entre as UO

	<b>FADEUP</b>	<b>FAUP</b>	<b>FBAUP</b>	<b>FDUP</b>	<b>FLUP</b>	<b>FMDUP</b>	<b>FPCEUP</b>
<b>% de meses com desempenho acima da referência c/ funcionamento</b>	17.64 %	47.61%	40%	47.61%	52.38%	47.05%	47.61%
<b>% de meses com desempenho acima da referência s/ funcionamento</b>	15.78%	30.43%	38.09%	39.13%	13.04%	36.84%	39.13%

No entanto esta análise é apenas quantitativa, na medida em que apenas relaciona o número de meses acima da referência e não considera o desvio quanto a esta. No que diz respeito aos piores desempenhos verificados (em termos absolutos), estes acontecem no caso da FAUP (Fevereiro de 2015 com funcionamento) e FBAUP (Janeiro de 2016 com funcionamento).

Como se pode ver pela tabela, tendo em conta o funcionamento normal, a UO com menos meses de desempenho acima da referência é a FADEUP, seguida da FBAUP. Por sua vez, na condição oposta, o melhor desempenho ao longo da leitura é no caso da FLUP.

## 6.4 Considerações finais

Por fim é de salientar que, apesar de não ter sido possível, seria interessante poder fazer uma comparação entre o desempenho energético global entre as várias UO.

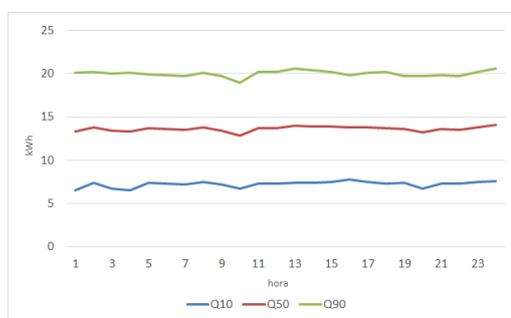
Estando a lidar com milhões de € em consumos energéticos por parte da UP, naturalmente será interessante diminuir o desperdício e aumentar a eficiência nos vários edifícios constituintes da instituição. Assim, futuramente, tendo em conta o objetivo de otimizar o desempenho energético, será interessante diminuir o desperdício e aumentar a eficiência nos vários edifícios constituintes da UP. Para tal, pode-se começar por implementar mais medidas de eficiência energética e consciencializar os seus utilizadores. Assim sendo, pode-se implementar uma interface que permita analisar o desempenho energético em tempo real, medindo assim resultados e ajustando comportamentos.

# Anexo A

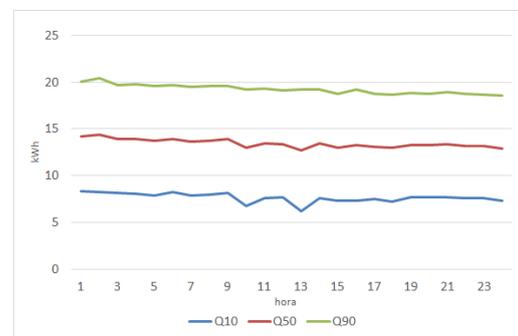
## ANEXOS

### A.1 FADEUP

#### A.1.1 Padrão de consumo



(a)



(b)

Figura A.1: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FADEUP - QC11: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

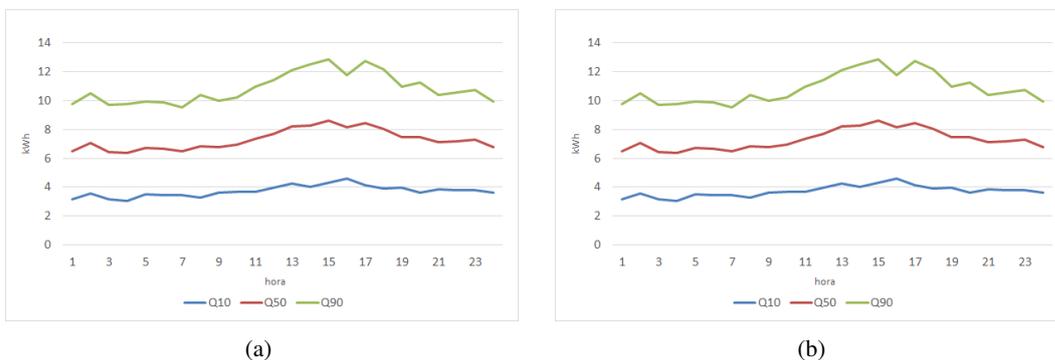


Figura A.2: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FADEUP - QC07 (chiller): (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

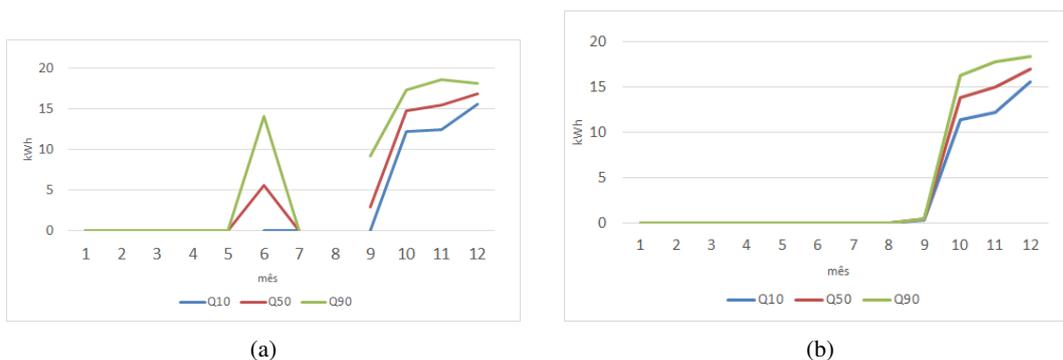


Figura A.3: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FADEUP - QC11: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

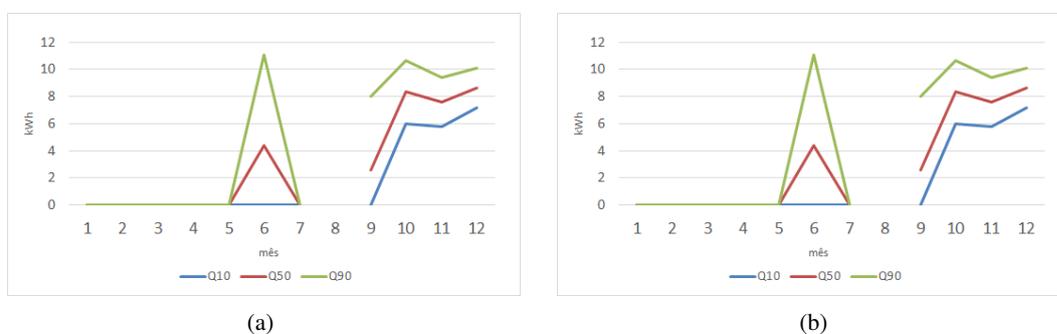


Figura A.4: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FADEUP - QC07 (chiller): (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

**A.1.2 Desempenho energético**

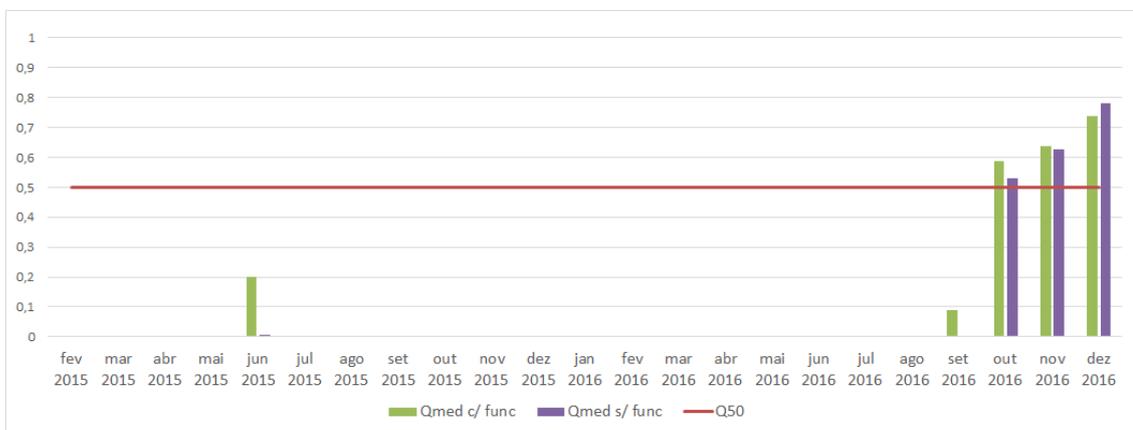


Figura A.5: Desempenho energético relativo ao quadro FADEUP -QC11

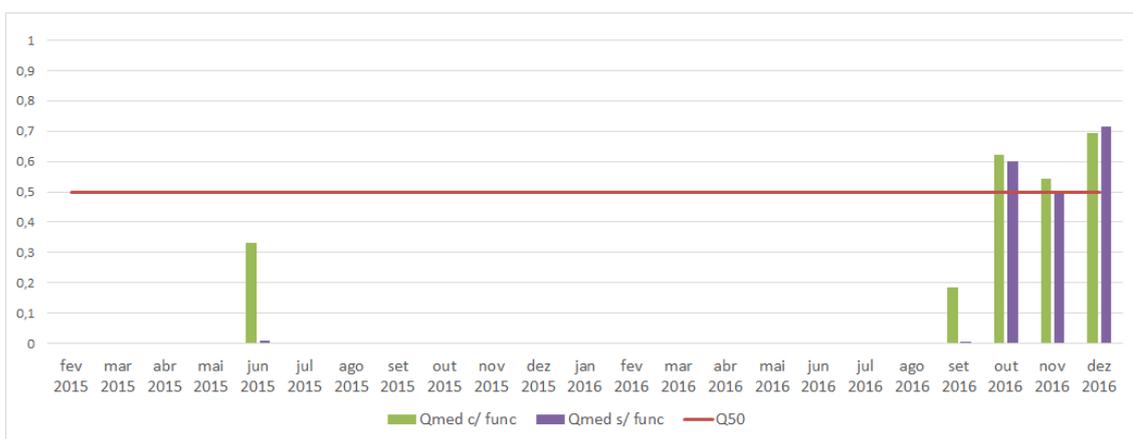
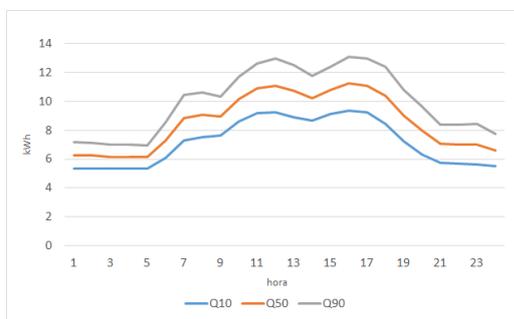


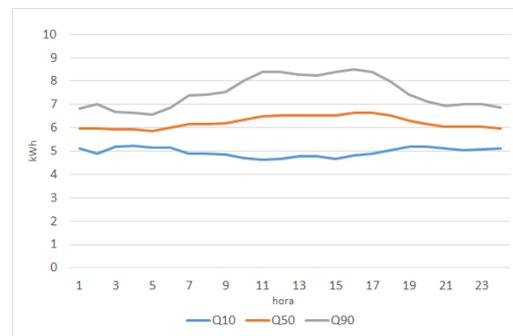
Figura A.6: Desempenho energético relativo ao quadro FADEUP - QC07(chiller)

## A.2 FAUP

### A.2.1 Padrão de consumo

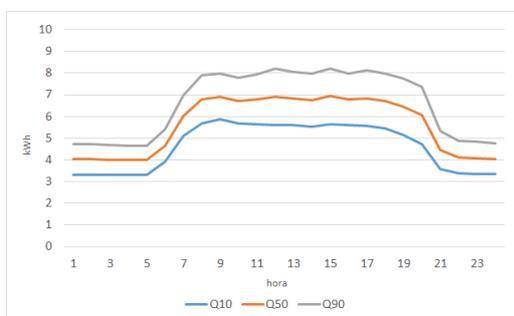


(a)

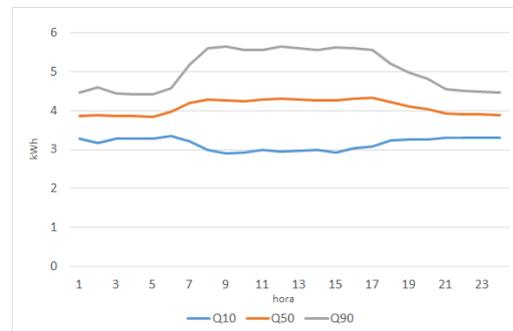


(b)

Figura A.7: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FAUP1 - QGH: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento



(a)



(b)

Figura A.8: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FAUP3 - Geral Emergencia: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

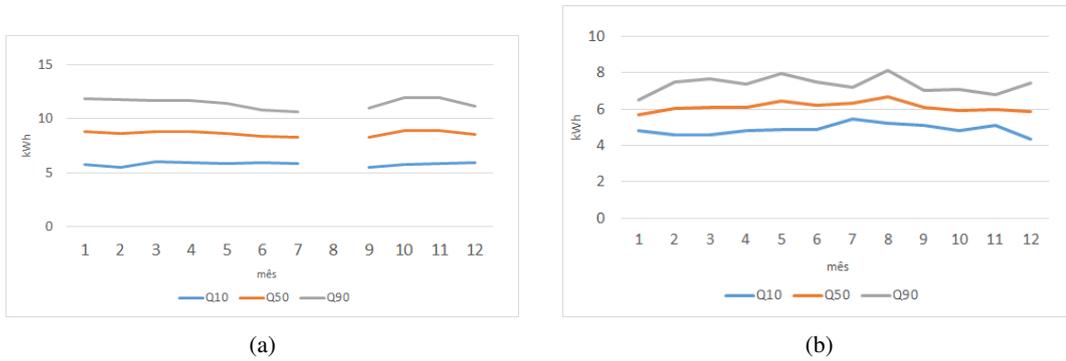


Figura A.9: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FAUP1 - QGH: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

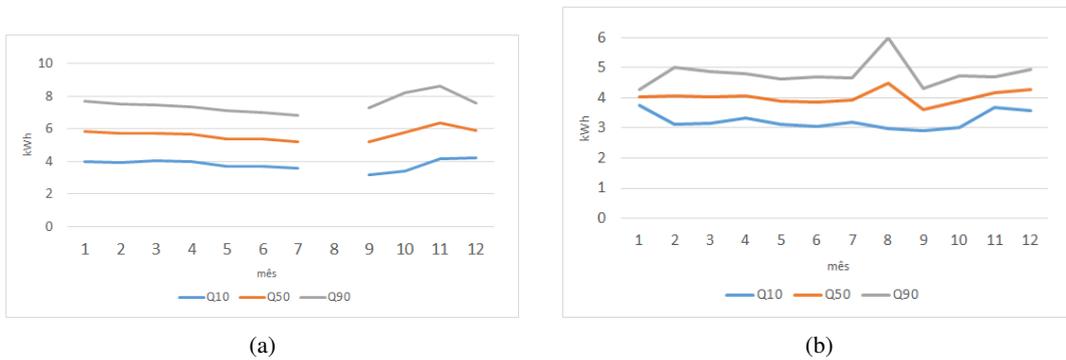


Figura A.10: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FAUP3 - Geral Emergencia: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### A.2.2 Desempenho energético

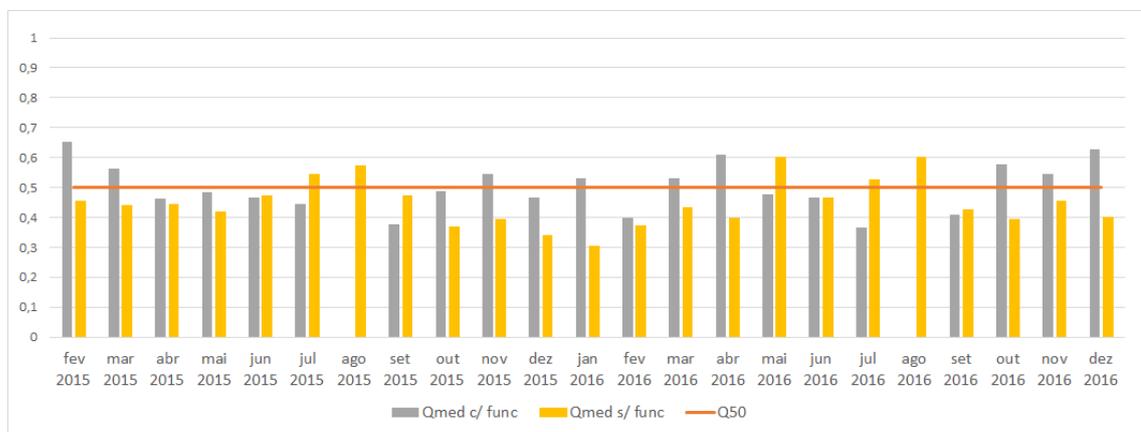


Figura A.11: Desempenho energético relativo ao quadro FAUP1 - QGH

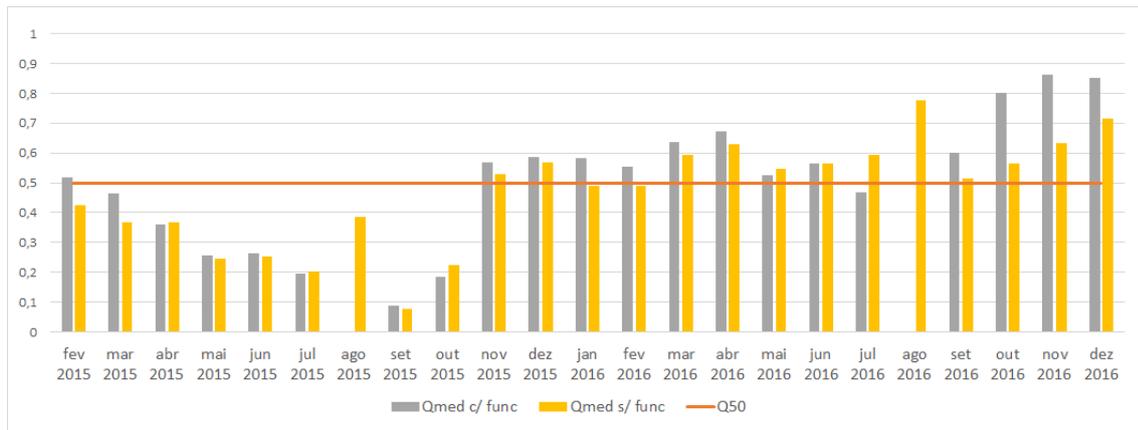


Figura A.12: Desempenho energético relativo ao quadro FAUP3 - Geral Emergencia

## A.3 FBAUP

### A.3.1 Padrão de consumo

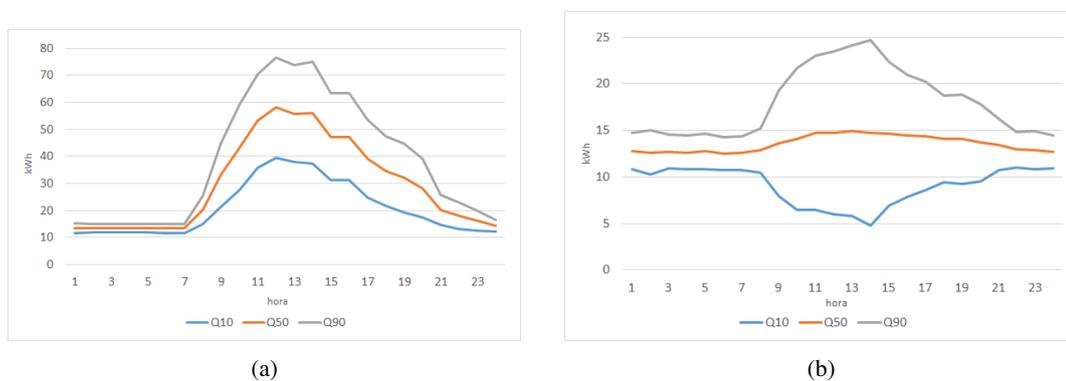


Figura A.13: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FBAUP2 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

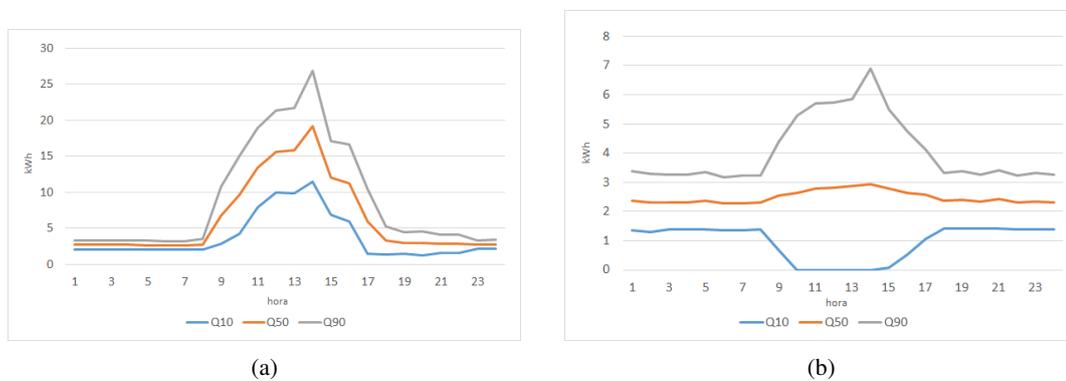


Figura A.14: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FBAUP2 - Q.Cozinha: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

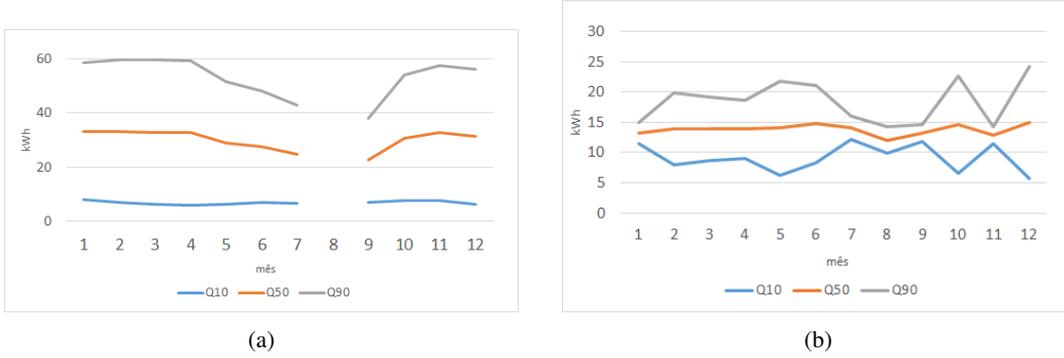


Figura A.15: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FBAUP2 - Geral: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

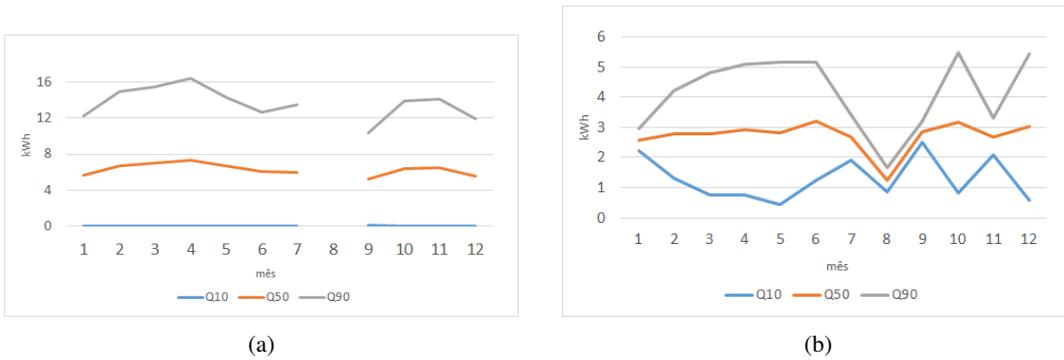


Figura A.16: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FBAUP2 - Q.Cozinha: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

**A.3.2 Desempenho energético**

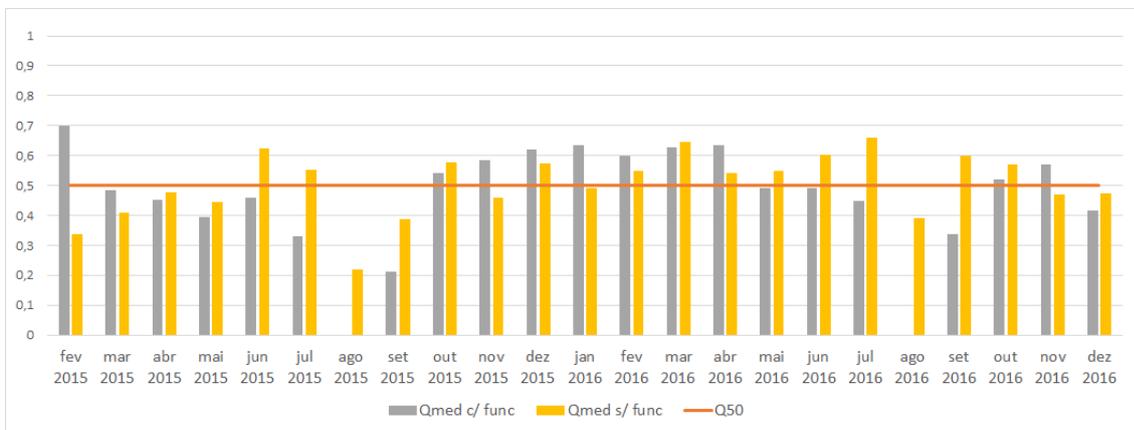


Figura A.17: Desempenho energético relativo ao quadro FBAUP2 - Geral

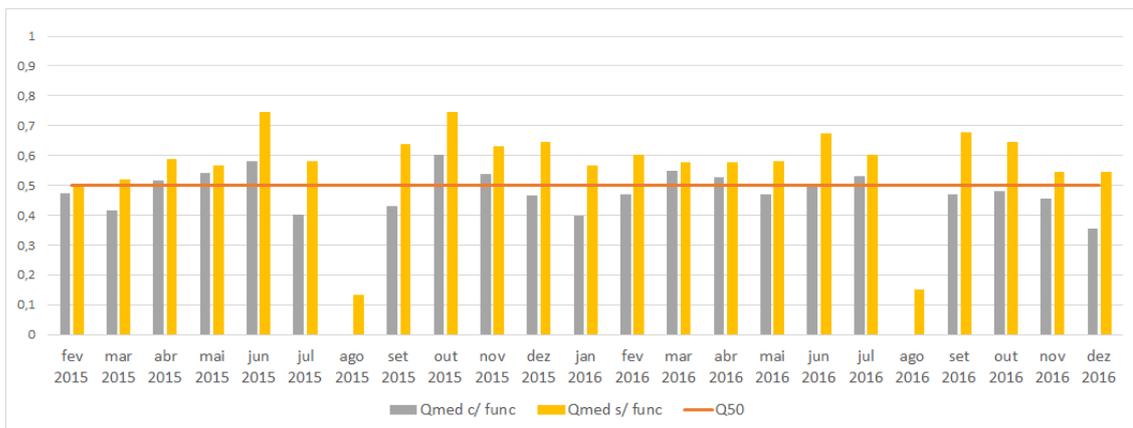


Figura A.18: Desempenho energético relativo ao quadro FBAUP2 - Q.Cozinha

## A.4 FDUP

### A.4.1 Padrão de consumo

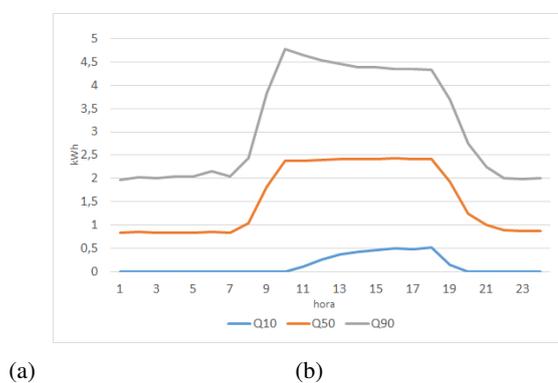


Figura A.19: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FDUP - Q.E.AVAC(QUIM): (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

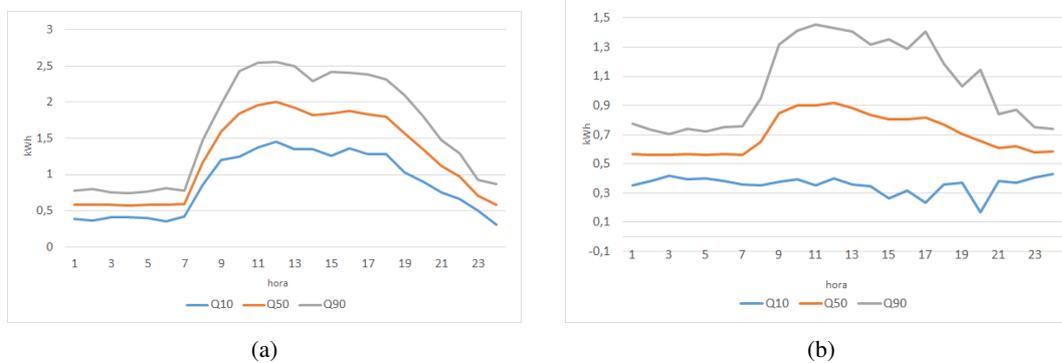
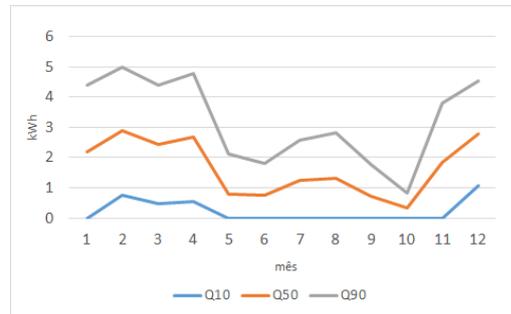


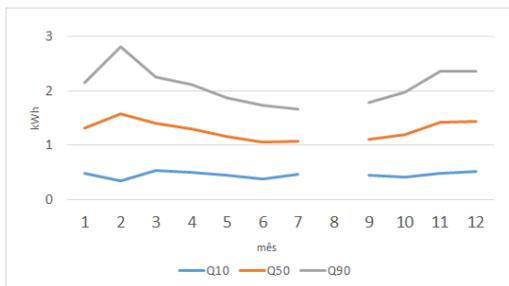
Figura A.20: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FDUP - Entrada QG: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento



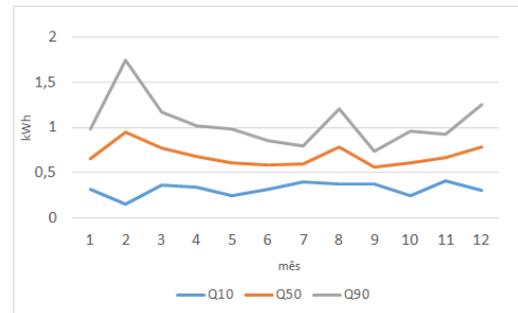
(a)

(b)

Figura A.21: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FDUP - Q.E.AVAC(QUIM): (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento



(a)



(b)

Figura A.22: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FDUP - Entrada QG: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

### A.4.2 Desempenho energético

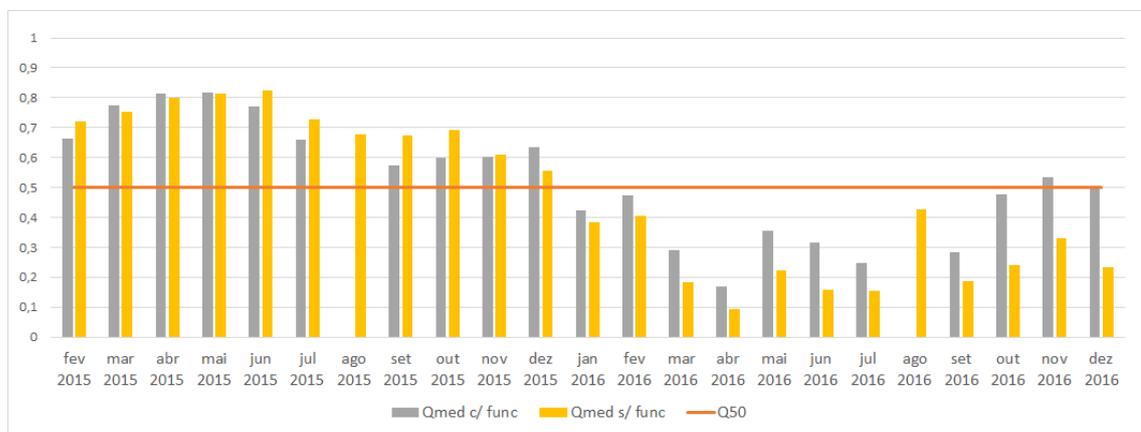


Figura A.23: Desempenho energético relativo ao quadro FDUP - Q.Bib

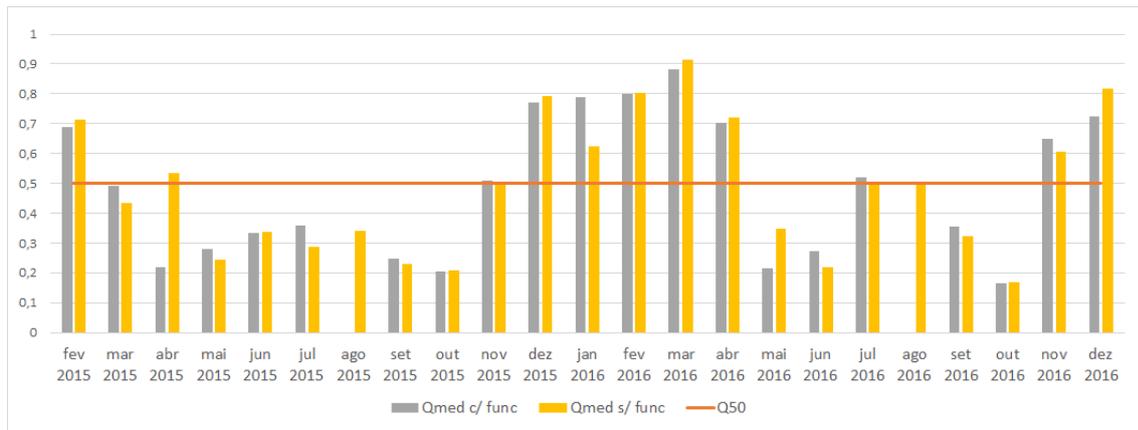


Figura A.24: Desempenho energético relativo ao quadro FDUP - Q.E.AVAC(QUIM)

## A.5 FLUP

### A.5.1 Padrão de consumo

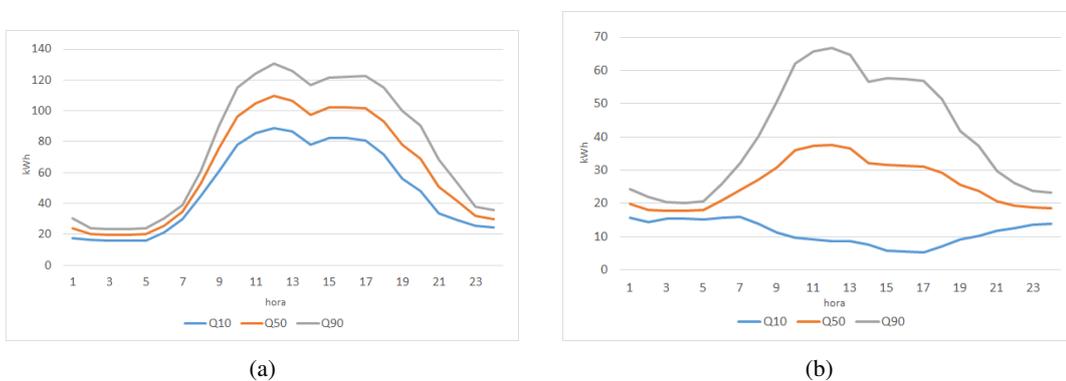


Figura A.25: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FLUP1 - QGC: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

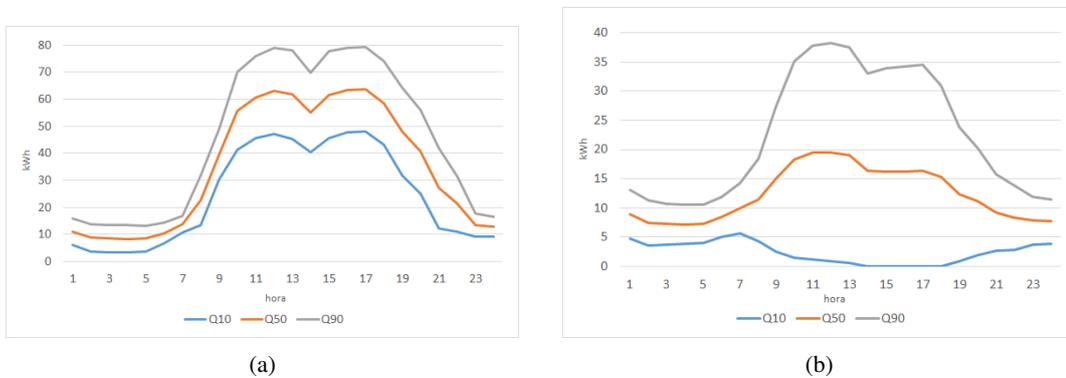


Figura A.26: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FLUP3 - QG2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

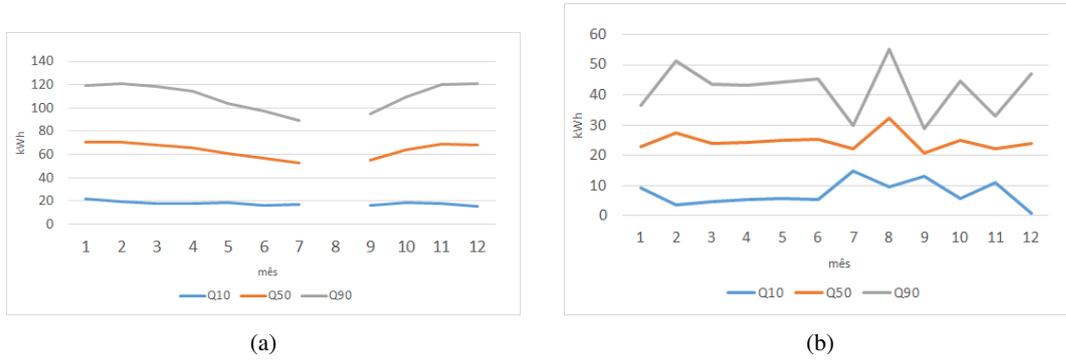


Figura A.27: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FLUP1 - QGC: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

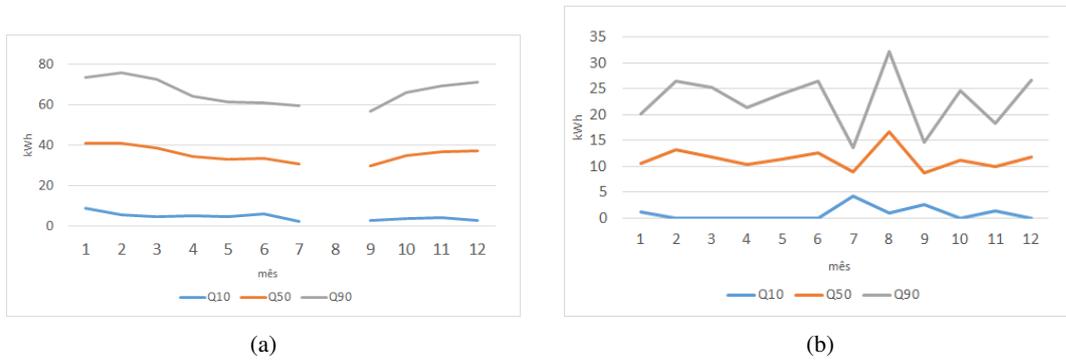


Figura A.28: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FLUP3 - QG2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

**A.5.2 Desempenho energético**

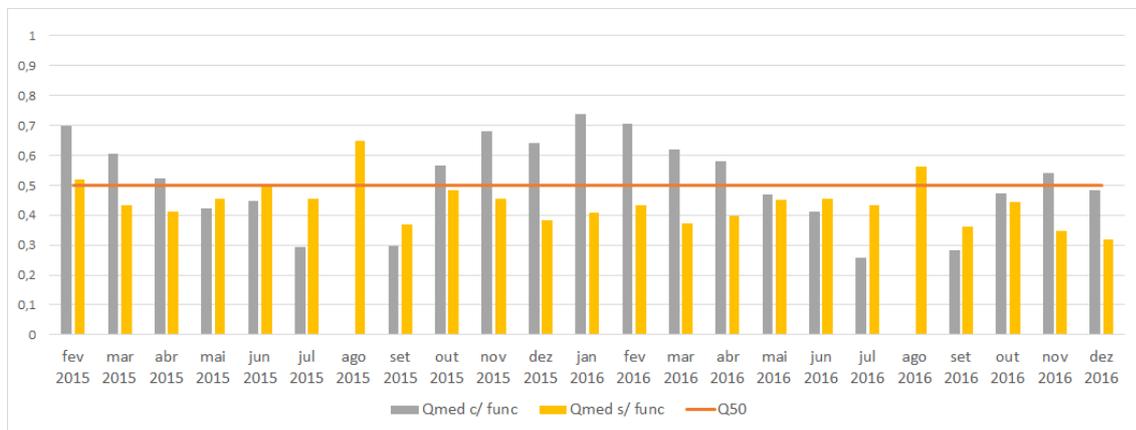


Figura A.29: Desempenho energético relativo ao quadro FLUP1 - QGC

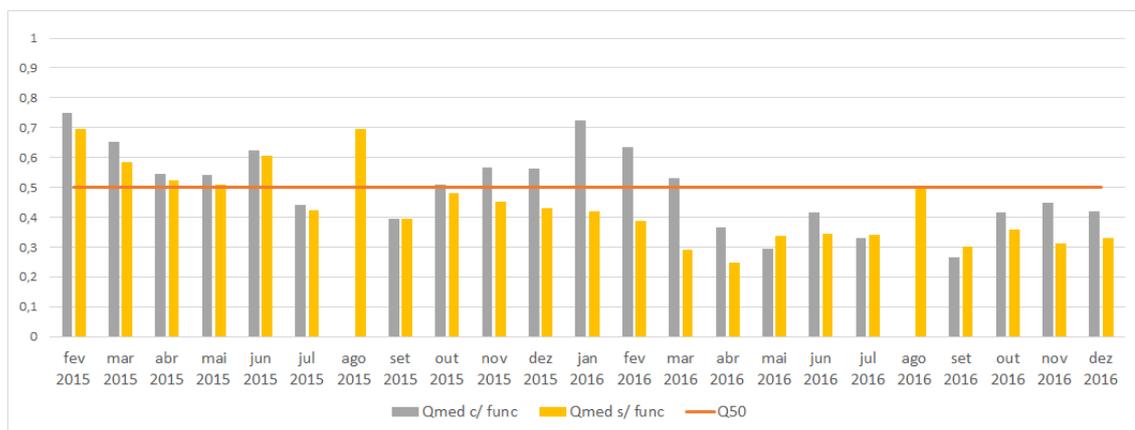


Figura A.30: Desempenho energético relativo ao quadro FLUP3 - QG2

## A.6 FMDUP

### A.6.1 Padrão de consumo

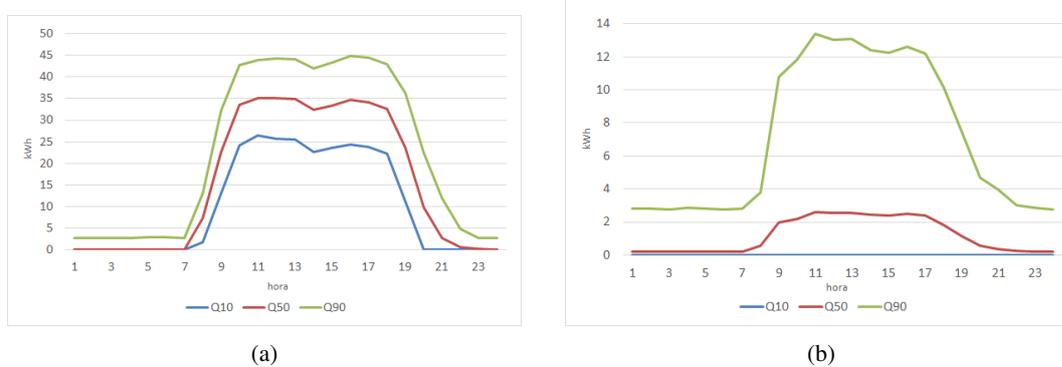


Figura A.31: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FMDUP2 - Compressor: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

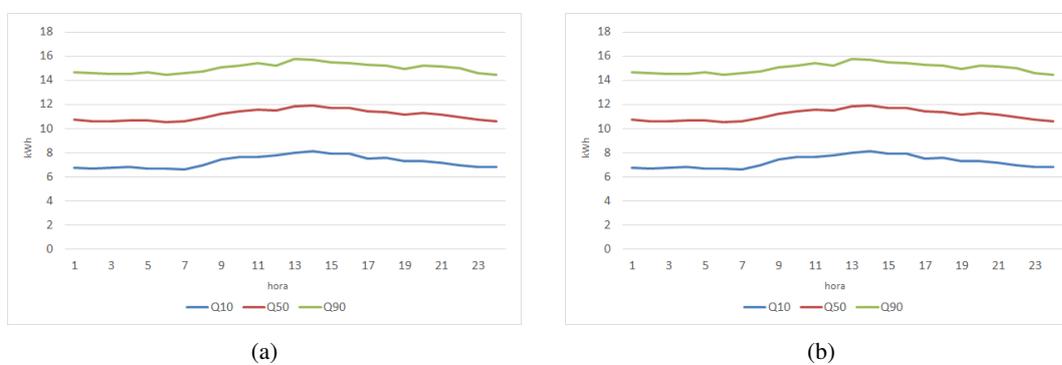


Figura A.32: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FMDUP2 - QIT2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

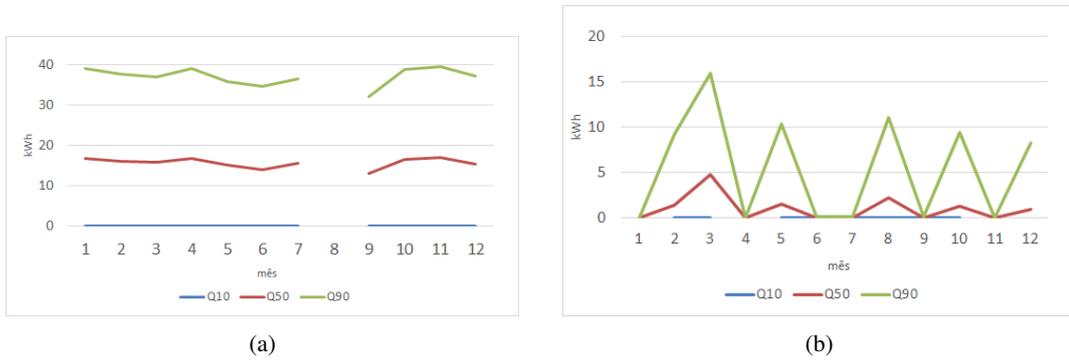


Figura A.33: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FMDUP2 - Compressor: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

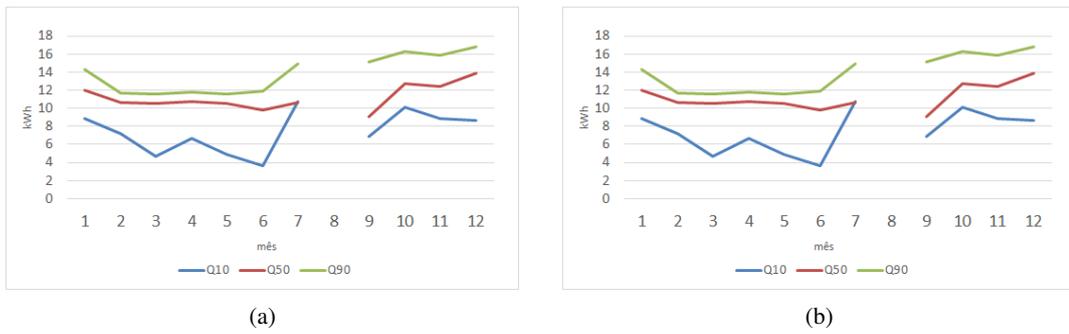


Figura A.34: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FMDUP2 - QIT2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

**A.6.2 Desempenho energético**

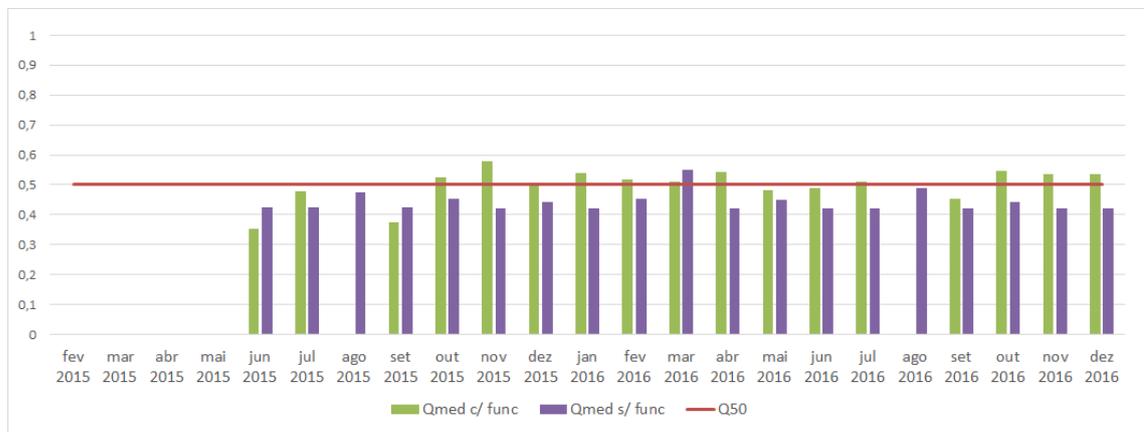


Figura A.35: Desempenho energético relativo ao quadro FMDUP2 - Compressor

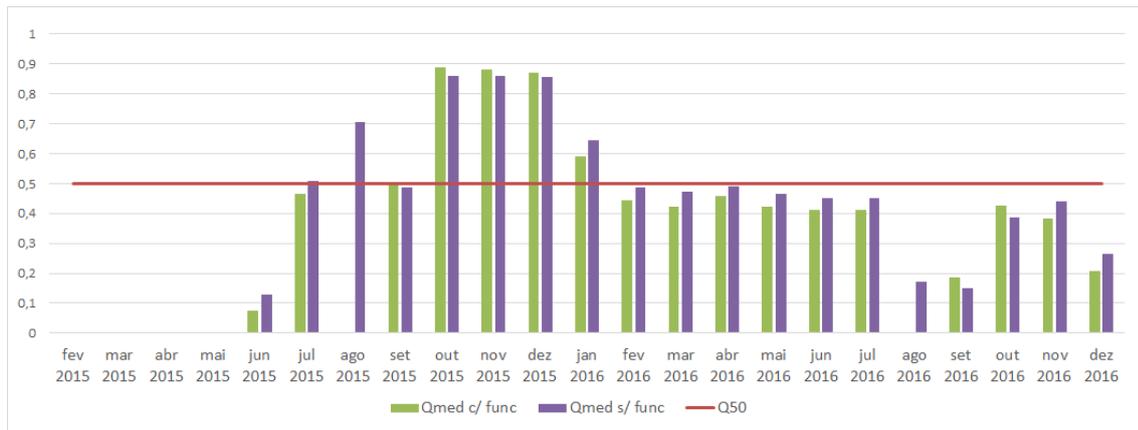


Figura A.36: Desempenho energético relativo ao quadro FMDUP2 - QIT2

## A.7 FPCEUP

### A.7.1 Padrão de consumo

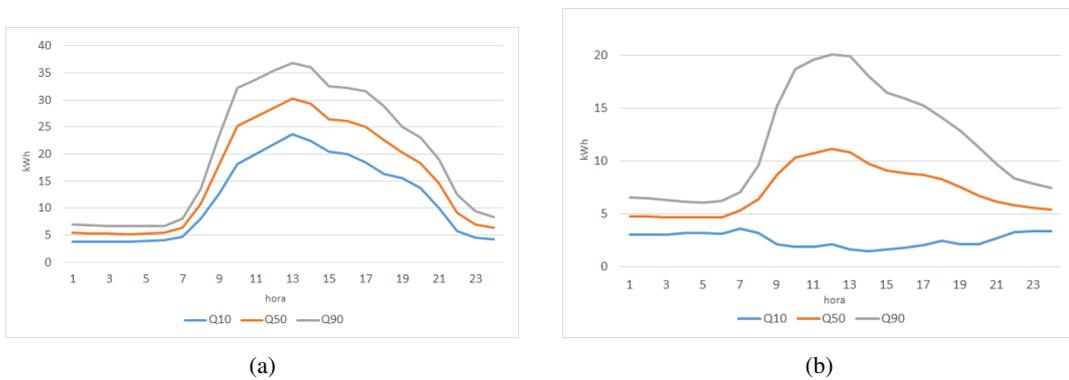


Figura A.37: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FPCEUP1 - QP0: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

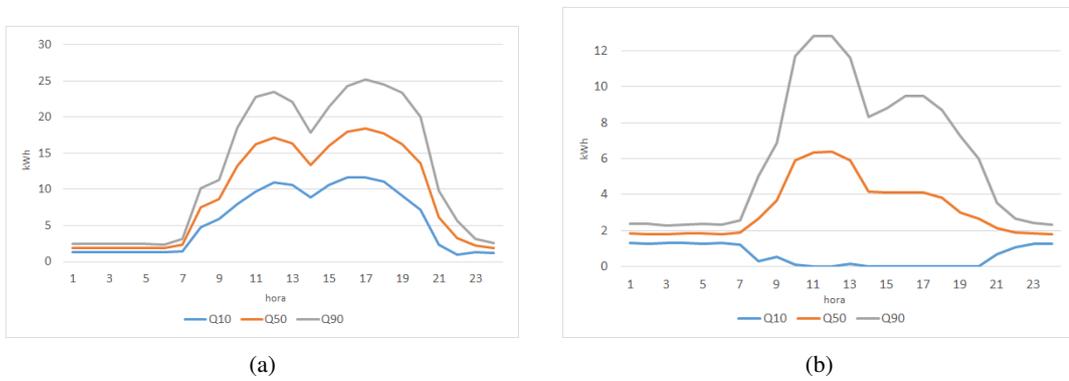


Figura A.38: Padrão de consumo diário relativo ao quadro FPCEUP1 - QP2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

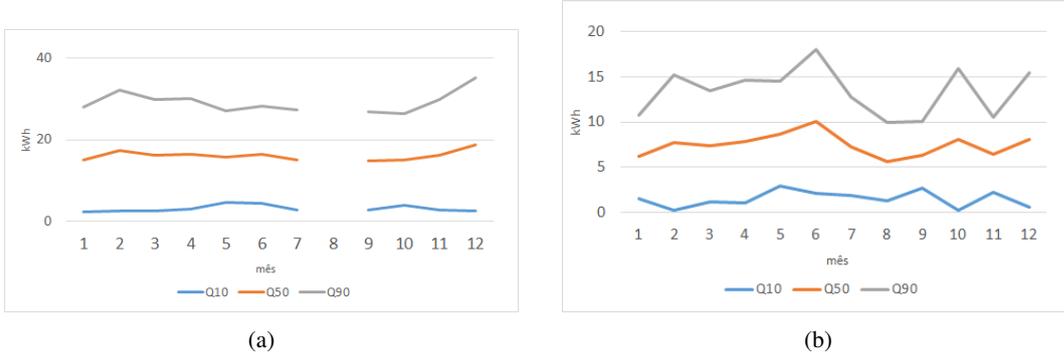


Figura A.39: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FPCEUP1 - QP0: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

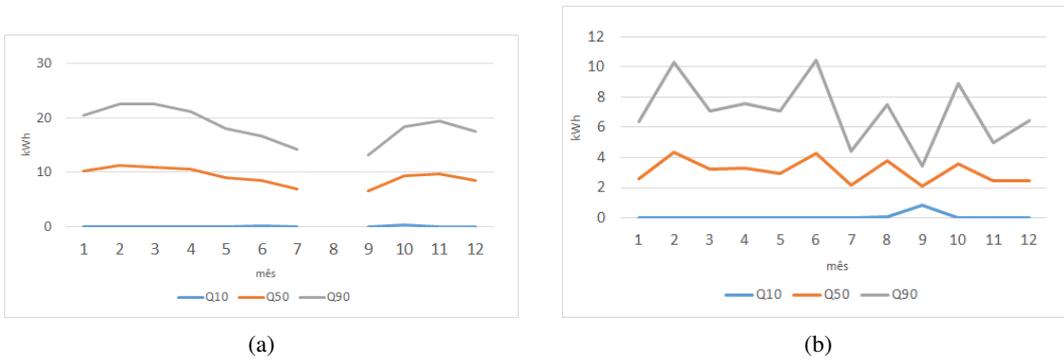


Figura A.40: Padrão de consumo mensal relativo ao quadro FPCEUP1 - QP2: (a) com funcionamento ; (b) sem funcionamento

**A.7.2 Desempenho energético**

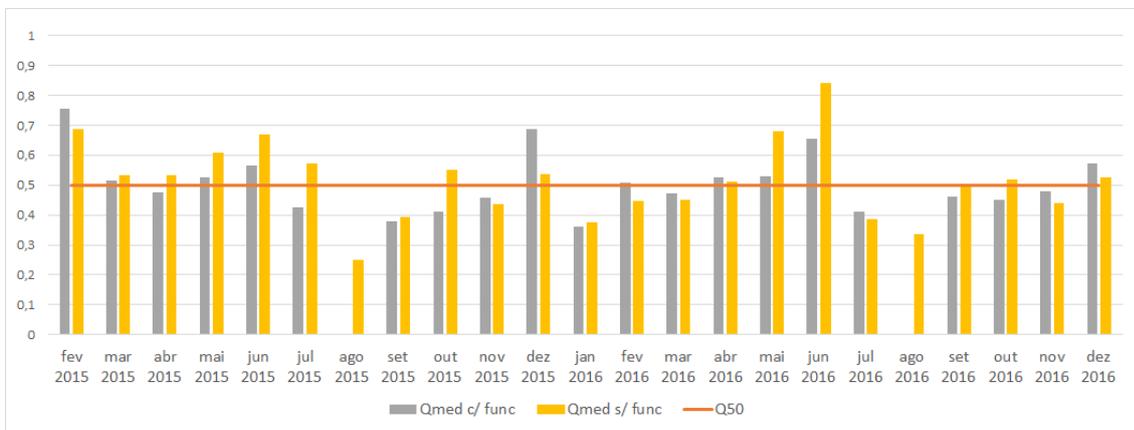


Figura A.41: Desempenho energético relativo ao quadro FPCEUP1 - QP0

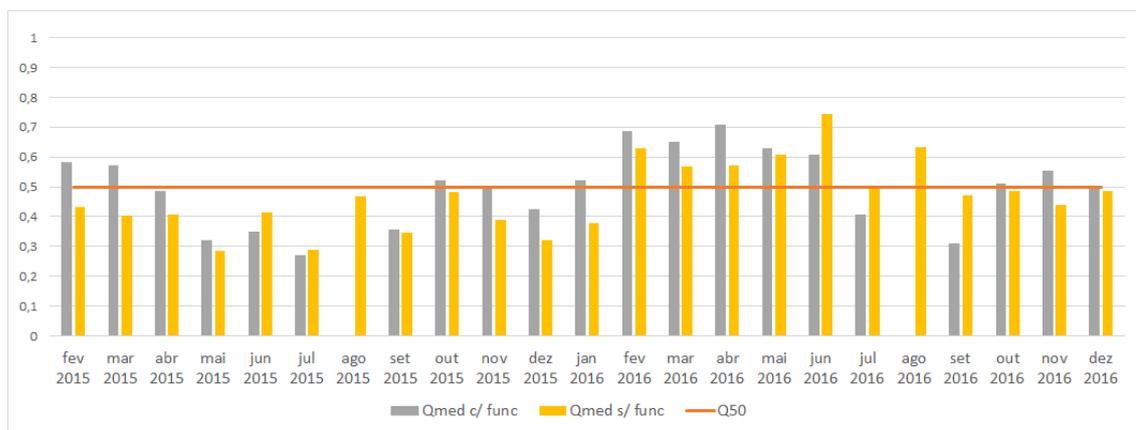


Figura A.42: Desempenho energético relativo ao quadro FPCEUP1 - QP2



# Referências

- [1] Direção-Geral de Energia e Geologia. Balanço Energético Sintético. Relatório técnico, Direção-Geral de Energia e Geologia, 2016.
- [2] PORDATA DGEG/MEc. Consumo de energia eléctrica por consumidor: total e por tipo de consumo - Portugal, 2016. URL: <http://www.pordata.pt/Portugal/Consumo+de+energia+electrica+por+consumidor+total+e+por+tipo+de+consumo-1231>.
- [3] DGEG e João Bernardo. Estratégia para a Eficiência Energética nos Edifícios Públicos, 2015.
- [4] Virtual Power Solutions. Kisense, 2016. URL: <http://www.vps.energy/pt-kisense>.
- [5] ISA Energy e Carlos Queirós. Kisense.
- [6] Iolanda Soares. *Eficiência energética e a ISO 50001*. 2015.
- [7] EDP. Guia da Eficiência Energética.pdf, 2010.
- [8] ADENE. Guia Da Eficiência Energética. Relatório técnico, ADENE, 2011.
- [9] ADENE. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO ESTADO. URL: <http://www.adene.pt/eficiencia-energetica-no-estado>.
- [10] International Energy Agency. Energy Policies of IEA Countries Portugal 2016. Relatório técnico, International Energy Agency, 2016.
- [11] Consumo português de energia eléctrica aumentou 50% em 10 anos. URL: <http://www.wikienergia.pt/cgi-sys/suspendedpage.cgi?title=Consumo{ }portugu{ê}s{ }de{ }energia{ }el{é}ctrica{ }aumentou{ }50{%}25{ }em>
- [12] Direção-Geral de Energia e Geologia. Energia em Portugal. Relatório técnico, 2016.
- [13] European Commission. Energy - Buildings, 2016. URL: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>.
- [14] Lusa. Energia: Todos os edifícios e serviços públicos vão sofrer intervenção até 2013 para gastarem menos eletricidade, 2008.
- [15] PORTAL DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Portal da Eficiência Energética - Conceitos, 2010. URL: <http://www.portal-eficienciaenergetica.com.pt/conceitos.html>.

- [16] Vítor Magueijo, M<sup>a</sup>. Cristina Fernandes, Henrique a. Matos, Clemente Pedro Nunes, João Paulo Calau, Jorge Carneiro, e Fernando Oliveira. Medidas de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: Um enquadramento tecnológico sucinto. Relatório técnico, ADENE, 2010. URL: <http://efinerg2011.aeportugal.pt/Areas/Projecto/Documentos/Publica??oMedidasEfici?nciaEnerg?ticaInd?stria-SGCIE.pdf>.
- [17] Portugal Energia. PNAEE - Enquadramento. URL: <http://www.pnaee.pt/pnaee{#}metaspnaee>.
- [18] Ministério da Economia da Inovação e do Desenvolvimento. Decreto-Lei n.º 29/2011, de 28 de fevereiro, 2011.
- [19] Wikipedia. Eficiência energética. URL: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Efici{ê}ncia{e}nerg{é}tica>.
- [20] Conselho Europeu. CONSELHO EUROPEU. Relatório técnico, Conselho Europeu, Bruxelas, 2014.
- [21] PARLAMENTO EUROPEU e CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. Desempenho energético dos edifícios, 2002.
- [22] Ministério Da Economia E Da Inovação. Decreto-Lei n.º 78/2006, 2006.
- [23] RNAE. Sistemas de Gestão de Energia. Relatório técnico, 2014.
- [24] AIDA. Sistema de Gestão Energética - Guia Prático. Relatório técnico, AIDA, 2014.
- [25] Maria Fernández. Arrival of the ISO 52000: everything you need to know. URL: <http://www.dexmatech.com/what-is-iso-52000/>.
- [26] Universidade de Lisboa e Ricardo Jorge Gonçalves Silva. *A Implementação da Norma NP EN ISO 50001 : 2012 em Instituições da Administração Pública Portuguesa – Caso de Estudo*. Tese de doutoramento, UNIVERSIDADE DE LISBOA, 2015.
- [27] Universidade do Porto. A Universidade do Porto - Organização, 2015. URL: <https://sigarra.up.pt/up/pt/web{e}base.gera{e}pagina?p{e}pagina=organizacao>.
- [28] Universidade do Porto. U.PORTO EM SÍNTESE, 2015. URL: <https://sigarra.up.pt/up/pt/web{e}base.gera{e}pagina?p{e}pagina=u-porto-em-sintese>.
- [29] Universidade do Porto. Relatório de Atividades e Contas. Relatório técnico, 2015.
- [30] Universidade do Porto. Recursos Humanos da Universidade do Porto. Relatório técnico, Universidade do Porto, 2016. URL: <https://sigarra.up.pt/up/pt/web{e}base.gera{e}pagina?p{e}pagina=organiza{c}{~{a}}odauniversidadedoporto>.
- [31] Unversidade do Porto. Estudantes Inscritos na U . Porto em ciclos de estudos ( cursos conferentes de grau ) no ano letivo 2015 / 2016. Relatório técnico, Universidade do Porto, 2016.