



UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

**MONITORIZAÇÃO DE CONSUMOS NUM PÓLO
UNIVERSITÁRIO - CONTRIBUTO PARA UM
CAMPUS SUSTENTÁVEL**

Ricardo André Pereira dos Santos

Coimbra, Setembro de 2014



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

MONITORIZAÇÃO DE CONSUMOS NUM PÓLO UNIVERSITÁRIO - CONTRIBUTO PARA UM CAMPUS SUSTENTÁVEL

Aluno:

- Ricardo André Pereira dos Santos

Presidente do Júri:

- Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins

Orientador:

- Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Vogal:

- Professor Doutor Jaime Baptista dos Santos

Coimbra, Setembro de 2014

“Não ande apenas pelo caminho traçado, pois ele conduz somente até onde os outros já foram”

Alexander Graham Bell

Agradecimentos

Começo por agradecer à minha família, em especial aos meus pais, por todo o esforço e sacrifícios que fizeram para me proporcionarem concluir um curso superior. Agradeço ainda à minha irmã e aos meus avós, assim como novamente aos meus pais, pelo apoio e carinho que me deram ao longo do meu percurso académico.

Agradeço também ao meu orientador, o Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge, pelo apoio, pelas sugestões que me deu e pela disponibilidade que teve para me auxiliar na realização deste trabalho.

Deixo também um agradecimento especial à Ana, pelos incentivos e conselhos que me ajudaram muito ao longo de todo este tempo.

Por fim, agradeço a todos os meus amigos e colegas que me acompanharam durante o percurso académico.

A todos, o meu muito obrigado!

Resumo

Nos tempos que correm, a monitorização dos consumos energéticos tem cada vez mais importância. Com o crescimento das sociedades e com o avanço da tecnologia, os consumos têm registado um grande aumento, o que é prejudicial não só para o ambiente como também para a economia das famílias ou empresas, uma vez que a facturação da energia também tem vindo a aumentar.

No entanto, esse avanço da tecnologia permitiu desenvolver técnicas e equipamentos de monitorização que permitem que os utilizadores possam ter uma informação detalhada dos seus próprios consumos e desta forma identificar e reduzir de forma mais eficaz os desperdícios de energia. Este é cada vez mais um objectivo dos consumidores, não só particulares, como também das empresas, que vêem aqui uma óptima oportunidade para reduzir a despesa.

O trabalho desenvolvido nesta dissertação tem como objectivo caracterizar os consumos de energia eléctrica nos vários edifícios do Pólo II da Universidade de Coimbra, registar eventuais alterações em relação aos anos anteriores e demonstrar de que forma a monitorização pode ser útil na racionalização dos recursos energéticos.

A análise dos dados realizada neste trabalho permite pensar em novos métodos de análise dos consumos, que podem ser incorporados no sistema de monitorização, com o objectivo de otimizar a análise e melhorar a actuação para reduzir o consumo.

Palavras-chave:

Energia Eléctrica, Monitorização de Consumos, Facturação, Telecontagem, Diagrama de Carga, Zelio Logic

Abstract

These days, monitoring of energy consumption has become increasingly important. With the growth of society and the advancement of technology, consumption has registered a large increase, which is harmful not only to the environment but also for the economy of families or companies, since the billing of energy has also been increase.

However, this advancement in technology allowed the development of techniques and monitoring devices that allow users to have detailed information of their own consumption and thereby identify and more effectively reduce energy waste. This is increasingly a target of consumers, not only individuals, but also companies who see here a great opportunity to reduce spending.

The work in this thesis aims to characterize the power consumption of the various buildings of the Campus II, University of Coimbra, register any change compared to previous years and demonstrate how monitoring can be useful in rationalizing energy resources.

The data analysis performed in this work allows us to think new methods of analysis of consumption, which can be incorporated in the monitoring system, in order to optimize and improve the analysis performance to reduce power consumption.

Keywords:

Electric Energy, Consumption Monitoring, Billing, Telemetry, Power load diagram, Zelio Logic

Índice

Agradecimentos	i
Resumo	iii
Abstract	v
Lista de Gráficos	ix
Lista de Figuras	xii
Lista de Tabelas	xiii
Lista de Abreviaturas	xiv
1. Introdução	1
1.1. Apresentação.....	1
1.2. Objectivos	1
1.3. Estrutura do documento	2
2. Enquadramento	3
2.1. Sistema de monitorização de energia	3
2.2. Diagrama de carga	4
2.3. Índices associados ao diagrama de carga.....	5
2.3.1. Energia Consumida	5
2.3.2. Potência Média	5
2.3.3. Utilização da Ponta.....	5
2.3.4. Factor de Carga.....	6
2.3.5. Percentagem de consumo em período de vazio.....	6
3. Caracterização do Pólo II	7
3.1. Departamento de Engenharia Civil	8
3.2. Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores	8
3.3. Departamento de Engenharia Informática	8
3.4. Departamento de Engenharia Mecânica.....	9
3.5. Departamento de Engenharia Química	9
3.6. Unidade Central Pedagógica	9
4. Análise de Consumos	11
4.1. Desagregação dos consumos.....	11
4.2. Evolução dos consumos	12
4.3. Evolução do consumo de energia activa	14
5. Análise comparativa da telecontagem	21

5.1. Semanas “típicas”.....	21
5.2. Semanas “atípicas”.....	35
5.3. Sazonalidade	40
5.4. Consumo em horas de vazio	45
6. Sistema de Monitorização do DEEC	49
6.1. Equipamentos instalados	49
6.2. Ligações efectuadas	51
6.3. Interligação dos dados recolhidos com a base de dados	53
6.4. Funcionalidades.....	53
7. Conclusões.....	57
Referências Bibliográficas	58
Anexo	59

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Desagregação de consumos por edifício no ano de 2013	11
Gráfico 2 - Desagregação dos consumos por período horário (em 2013).....	12
Gráfico 3 - Percentagem de variação do consumo por departamento	13
Gráfico 4 - Percentagem de variação da facturação por departamento	13
Gráfico 5 - Consumo acumulado no DEC	14
Gráfico 6 - Consumo de energia activa no DEC	15
Gráfico 7 - Consumo acumulado no DEEC	15
Gráfico 8 - Consumo de energia activa no DEEC	16
Gráfico 9 - Consumo acumulado DEI.....	16
Gráfico 10 - Consumo de energia activa no DEI	17
Gráfico 11 - Consumo acumulado no DEM.....	17
Gráfico 12 - Consumo de energia activa no DEM	18
Gráfico 13 - Consumo acumulado no DEQ	18
Gráfico 14 - Consumo de energia activa no DEQ.....	19
Gráfico 15 - Consumo acumulado na UCP	19
Gráfico 16 - Consumo de energia activa na UCP	20
Gráfico 17 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEC	22
Gráfico 18 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEC.....	22
Gráfico 19 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEEC.....	23
Gráfico 20 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEEC	23
Gráfico 21 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEI	24
Gráfico 22 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEI	25
Gráfico 23 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEM	25
Gráfico 24 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEM.....	26
Gráfico 25 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEQ.....	27
Gráfico 26 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEQ.....	27
Gráfico 27 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro na UCP.....	28
Gráfico 28 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro na UCP	28
Gráfico 29 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEC	29
Gráfico 30 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEC	29
Gráfico 31 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEEC.....	30
Gráfico 32 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEEC.....	30

Gráfico 33 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEI	31
Gráfico 34 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEI	31
Gráfico 35 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEM	32
Gráfico 36 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEM	32
Gráfico 37 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEQ.....	33
Gráfico 38 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEQ.....	33
Gráfico 39 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril na UCP	34
Gráfico 40 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio na UCP	34
Gráfico 41 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEC.....	36
Gráfico 42 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEI	36
Gráfico 43 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEC	37
Gráfico 44 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEI	37
Gráfico 45 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEEC.....	38
Gráfico 46 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril na UCP	39
Gráfico 47 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEM	39
Gráfico 48 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho na UCP	40
Gráfico 49 - Sazonalidade dos consumos do DEC em 2013.....	41
Gráfico 50 - Sazonalidade dos consumos do DEEC em 2013	41
Gráfico 51 - Sazonalidade dos consumos do DEI em 2013	42
Gráfico 52 - Sazonalidade dos consumos do DEM em 2013.....	42
Gráfico 53 - Sazonalidade dos consumos do DEQ em 2013	43
Gráfico 54 - Sazonalidade dos consumos da UCP em 2013	43
Gráfico 55 – Sazonalidade dos consumos em todos os edifícios do Pólo II.....	44
Gráfico 56 - Evolução dos consumos em horas de vazio (em 2013)	45
Gráfico 57 – Consumo global do Pólo II em períodos de vazio	47
Gráfico 58 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEEC	61
Gráfico 59 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEM.....	61
Gráfico 60 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEQ.....	61
Gráfico 61 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro na UCP	62
Gráfico 62 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEEC	62
Gráfico 63 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEM	62
Gráfico 64 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEQ.....	63
Gráfico 65 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro na UCP	63
Gráfico 66 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEC	63
Gráfico 67 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEI	64

Gráfico 68 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEM	64
Gráfico 69 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEQ.....	64
Gráfico 70 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEC.....	65
Gráfico 71 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEEC	65
Gráfico 72 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEI	65
Gráfico 73 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEQ.....	66

Lista de Figuras

Figura 1 - Exemplo de um diagrama de carga	4
Figura 2 - Vista aérea do Polo II da Universidade de Coimbra	7
Figura 3 - Zelio Logic SR3B261BD	49
Figura 4 - Módulo Ethernet SR3NET01BD.....	50
Figura 5 - Módulo ABL7RM24025	50
Figura 6 - Contador de energia trifásico.....	51
Figura 7 - Esquema de ligações da montagem.....	51
Figura 8 - Saída estática do contador	52
Figura 9 - Amplitude dos impulsos	52
Figura 10 - Potência nas últimas 24 horas.....	54
Figura 11 – Taxa de utilização nas últimas 24 horas (Torre B).....	54
Figura 12 – Potência actual pedida à rede e consumo diário	55
Figura 13 – Consumo nas últimas 24 horas	55
Figura 14 – Taxa de utilização de água nas últimas 24 horas	56

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Índices energéticos dos edifícios do Pólo II (referentes ao ano 2013).....	8
Tabela 2 - Índices energéticos do DEC nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro	22
Tabela 3 - Índices energéticos do DEEC nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro	24
Tabela 4 - Índices energéticos do DEI nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro	25
Tabela 5 - Índices energéticos do DEM nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro	26
Tabela 6 - Índices energéticos do DEQ nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro	27
Tabela 7 - Índices energéticos da UCP nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro	28
Tabela 8 - Índices energéticos do DEC nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio....	30
Tabela 9 - Índices energéticos do DEEC nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio .	31
Tabela 10 - Índices energéticos do DEI nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio ...	32
Tabela 11 - Índices energéticos do DEM nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio .	33
Tabela 12 - Índices energéticos do DEQ nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio .	34
Tabela 13 - Índices energéticos da UCP nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio ..	35
Tabela 14 – Percentagem de CPV, mínimo e máximo consumo médio semanal.....	45
Tabela 15 - Especificações do sistema instalado na Torre B do DEEC.....	52
Tabela 16 - Especificações do sistema instalado na Garagem do DEEC.....	53
Tabela 17 - Índices energéticos do DEC nas semanas "atípicas"	66
Tabela 18 - Índices energéticos do DEEC nas semanas "atípicas"	66
Tabela 19 - Índices energéticos do DEI nas semanas "atípicas"	66
Tabela 20 - Índices energéticos do DEM nas semanas "atípicas"	67
Tabela 21 - Índices energéticos do DEQ nas semanas "atípicas"	67
Tabela 22 - Índices energéticos da UCP nas semanas "atípicas".....	67

Lista de Abreviaturas

CPV – Consumo em Períodos de Vazio

DAC – Diagrama Anual de Carga

DEC – Departamento de Engenharia Civil

DEEC – Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

DEI – Departamento de Engenharia Informática

DEM – Departamento de Engenharia Mecânica

DEQ – Departamento de Engenharia Química

DMC – Diagrama Mensal de Carga

DSC – Diagrama Semanal de Carga

FC – Factor de Carga

IVA – Imposto sobre o Valor Acrescentado

UCP – Unidade Central Pedagógica

UP – Utilização da Ponta

1. Introdução

1.1 Apresentação

O aumento do preço da energia eléctrica e o aumento das emissões de gases poluentes para a atmosfera, fruto de um maior consumo de energia eléctrica, têm tornado a monitorização uma prática cada vez mais recorrente principalmente nos grandes edifícios onde o consumo é relativamente elevado. É nessa gama de edifícios que se inserem os departamentos do Pólo II da Universidade de Coimbra, onde funciona grande parte da Faculdade de Ciências e Tecnologia da mais antiga Universidade portuguesa. Importa, por isso, saber onde, quando e quanto se está a consumir, para deste modo proceder a uma utilização racional da energia eléctrica.

Assim, torna-se necessário realizar continuamente uma caracterização dos consumos de energia eléctrica dos vários edifícios para os poder controlar e alertar os utilizadores para a importância de reduzir os gastos desnecessários.

Esta dissertação centra-se na monitorização e caracterização dos consumos de energia eléctrica nos edifícios do Pólo II da Universidade de Coimbra.

Numa fase inicial do trabalho, procedeu-se à recolha e análise dos dados relativos à facturação e à telecontagem nos vários edifícios. Numa fase posterior, o trabalho incidiu na substituição de alguns equipamentos do sistema de monitorização instalado no Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores e na reactivação da monitorização dos consumos de água e de gás no referido Departamento.

Importa referir que todo este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Gestão de Energia, com a supervisão do Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge.

Este documento não está redigido sob as normas do novo Acordo Ortográfico.

1.2 Objectivos

É precisamente com o objectivo de ajudar a reduzir os consumos de energia, sobretudo através da eliminação de consumos supérfluos, que este trabalho foi desenvolvido. Para tal, foram analisados os dados de facturação desde o ano 2012 até ao ano presente e foram também tratados os dados de telecontagem relativos ao mesmo período e analisados através de diagramas de carga. Foram ainda usados alguns dados relativos a anos anteriores, sobretudo até ao ano de 2009, apenas como instrumento de comparação e de análise da evolução dos consumos dos diversos edifícios. Tais dados foram obtidos dos trabalhos anteriores desenvolvidos sobre esta temática.

Com o objectivo de acompanhar o avanço da tecnologia nesta área e de garantir que todo o processo de monitorização é executado com o menor erro possível, foi ainda substituído o relé inteligente modular compacto instalado na Torre T do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores. O equipamento anterior, desenvolvido pela empresa Intelligent Sensing Anywhere (ISA) foi substituído por um equipamento da Schneider Electric. Foi ainda reactivada a monitorização dos consumos de água e de gás do mesmo Departamento.

A sensibilização dos utilizadores dos edifícios para a redução dos consumos de energia, outro dos principais objectivos desta dissertação, é feita, principalmente, através da exposição gráfica dos consumos em tempo real nos ecrãs existentes no Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores.

1.3 Estrutura do documento

Este documento encontra-se dividido em sete capítulos, o primeiro dos quais corresponde a uma breve apresentação do trabalho desenvolvido e dos objectivos a alcançar. Neste capítulo é ainda feita uma breve alusão à estrutura do documento, isto é, à forma como este se encontra organizado.

No segundo capítulo, é feita uma breve referência à importância da monitorização e dos sistemas de monitorização nos dias de hoje. São ainda abordados alguns conceitos que permitem interpretar melhor os resultados obtidos.

No terceiro capítulo é apresentado o local de estudo, o Pólo II da Universidade de Coimbra, e é feita uma comparação entre os vários edifícios que o compõem, sobretudo através do cálculo de alguns índices energéticos.

No capítulo quatro são analisados os consumos de energia eléctrica nos últimos anos, através da desagregação dos mesmos, e é caracterizada a evolução do consumo ao longo dos últimos tempos.

No quinto capítulo, ganha destaque a análise da telecontagem, sobretudo através de diagramas de carga. Mais uma vez, alguns índices relacionados com o consumo servem de base à comparação. É neste capítulo que são escolhidas algumas semanas atípicas durante o ano e que são de importante análise. É ainda analisado o consumo em horas de vazio.

No capítulo seis, é abordado o sistema de monitorização instalado no DEEC. Este sistema é aqui apresentado com maior detalhe.

Finalmente, no sétimo e último capítulo, são apresentadas as conclusões às quais este trabalho me permitiu chegar.

2. Enquadramento

A monitorização dos consumos de energia é o processo de recolha, análise e interpretação dos dados brutos de medição, convertidos em informação útil. Este processo tem ganho cada vez mais preponderância nos dias de hoje, fruto de uma maior preocupação com o consumo desnecessário de energia, do qual advém um aumento dos gases poluentes emitidos para a atmosfera, bem como um aumento da factura mensal de electricidade, água e gás. É precisamente com o propósito de reduzir esses consumos que têm surgido cada vez mais sistemas de monitorização de energia. Neste capítulo é feito um resumo das vantagens de um sistema de monitorização de energia e são apresentados alguns índices e alguns conceitos que permitem perceber melhor o trabalho realizado nesta dissertação.

2.1 Sistema de monitorização de energia

Um sistema de monitorização de energia é uma ferramenta que possibilita o conhecimento em tempo real dos consumos energéticos e que promove o uso racional da energia. Esta ferramenta permite ainda que os consumidores possam aceder aos consumos energéticos registados a qualquer hora através de dispositivos de telecontagem instalados no edifício.

Para além de dotar os edifícios com uma ferramenta que permita conhecer, em tempo real, o seu perfil energético, estes sistemas permitem ainda avaliar o desempenho energético da instalação em comparação com períodos anteriores ou em relação a indicadores de consumo específicos, o que possibilita detectar alterações relativamente aos padrões normais. Outra das utilidades de um sistema de monitorização de energia é identificar a eficácia dos resultados da implementação de medidas de eficiência energética com o objectivo de reduzir o consumo de energia. Estes sistemas facultam ao cliente informação energética actual e fiável, o que faz com que este tenha um papel mais activo na gestão dos consumos, ou até mesmo que estabeleça metas de consumo energético tendo em vista a redução da factura. A minimização ou mesmo a eliminação de gastos excessivos de energia é o objectivo primordial. Estes gastos podem surgir por má utilização dos recursos ou até por uma eventual avaria dos equipamentos, que pode assim ser atempadamente detectada. Pode-se então afirmar que um sistema de monitorização pode detectar falhas nos equipamentos evitando que estas falhas dêem origem a outras, e que assim se poupe dinheiro na manutenção ou na substituição de material. Hoje em dia, o avanço da tecnologia fez com que os sistemas de monitorização possuam um histórico do consumo que permite estabelecer metas futuras. Este histórico é continuamente actualizado de forma automática, através de uma rede de comunicação.

Do ponto de vista das indústrias ou dos edifícios com muita utilização, um sistema de monitorização possibilita ainda a prática do denominado *benchmarking*, ou seja, a comparação de consumos de energia e custos com outros edifícios semelhantes para identificar boas práticas que possam ser adoptadas.

Num contexto mais abrangente, a monitorização é utilizada para controlar a qualidade da energia fornecida aos consumidores e para ajudar a melhorar a eficiência dos sistemas de energia. Com o avançar dos tempos, a monitorização vai tornar-se parte integrante dos sistemas de energia. Mais à frente neste trabalho, é explicada mais detalhadamente a composição de um sistema de monitorização, com especial enfoque para o sistema instalado no DEEC.

2.2 Diagrama de carga

Uma das formas mais fáceis de compreender o consumo de um determinado edifício é através da análise do diagrama de carga que lhe corresponde.

Um diagrama de carga é um gráfico que representa a potência pedida à rede ao longo de um determinado intervalo de tempo. É neste tipo de gráficos que aparecem reflectidas as diferenças que diversos utilizadores fazem dos serviços de energia de que dispõem. Os diagramas de carga podem ser diários (DDC), semanais (DSC) ou anuais (DAC). Nesta dissertação são utilizados apenas os DSC.

Estes diagramas permitem identificar a existência de consumos em horas de vazio, conferir a repartição dos consumos pelos postos horários do tarifário, analisar a adequação da potência contratada à ponta do diagrama ou até estudar a viabilidade de redução da ponta recorrendo a uma estratégia adequada. A figura seguinte demonstra o aspecto de um diagrama semanal de carga.

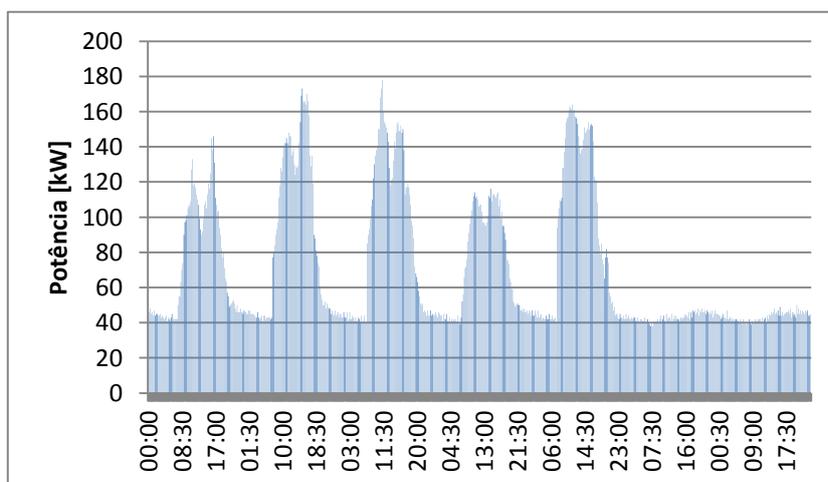


Figura 1 - Exemplo de um diagrama de carga

2.3 Índices associados ao diagrama de carga

Os diagramas de carga podem ser caracterizados numericamente através de alguns índices. De entre eles destacam-se a Energia Consumida, a Potência Média, a Utilização da Ponta, o Factor de Carga e a Percentagem de consumo em período de vazio. Vamos perceber agora como se calculam e o que representam.

2.3.1 Energia Consumida

A energia eléctrica consumida (em kWh) num determinado tempo resulta da integração dos valores de potência ao longo do período de tempo de utilização. Pode então ser calculada através de (1)

$$E = \int_{t_0}^{t_1} P dt \quad (1)$$

onde P é a potência e t0 e t1 são os limites do intervalo de tempo de utilização considerado.

Nesta dissertação, os valores de potência são valores médios (P_i) do intervalo de integração T_{int} (1/4 hora). Assim, o consumo de energia pode ser calculado através de (2)

$$E = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^N P_i \quad (2)$$

2.3.2 Potência Média

A potência média (em kW) consumida durante um intervalo de tempo é calculada pela expressão (3)

$$P_{méd} = \frac{1}{T} \times E \quad (3)$$

onde T representa o tempo considerado de utilização e E representa a energia consumida.

2.3.3 Utilização da Ponta

A utilização da ponta (em horas) representa o tempo necessário para consumir a mesma energia à potência máxima. É calculada através da expressão (4)

$$UP = \frac{E}{P_{máx}} \quad (4)$$

onde E representa a energia consumida e $P_{máx}$ é a potência máxima registada no intervalo de tempo considerado.

2.3.4 Factor de Carga

O factor de carga é um índice que permite verificar se a energia é utilizada de forma mais ou menos regular ao longo do tempo. É o quociente entre a potência média e a potência máxima, durante um determinado intervalo de tempo de utilização de energia. O factor de carga varia entre 0 e 1 e quanto maior for este índice, mais regular se torna o uso da energia eléctrica. A expressão (5) permite calcular o factor de carga.

$$FC = \frac{P_{méd}}{P_{máx}} \quad (5)$$

2.3.5 Percentagem de consumo em período de vazio

A percentagem de consumo em horas de vazio é o quociente entre o consumo em horas de vazio e o consumo total. É calculado pela expressão (6)

$$CPV (\%) = \frac{E_{(vazio)}}{E_{(total)}} \times 100\% \quad (6)$$

Quanto maior for o valor deste indicador, mais probabilidade existe de haver desperdício de consumo de energia eléctrica em horas de vazio.

3. Caracterização do Pólo II

Como já foi referido anteriormente, este trabalho incide na monitorização dos consumos energéticos do Pólo II da Universidade de Coimbra, onde funciona grande parte da Faculdade de Ciências e Tecnologia da mais antiga Universidade de Portugal. Importa, por isso, caracterizar o objecto de estudo para que se perceba melhor as razões inerentes aos consumos registados e que serão alvo de avaliação ao longo desta dissertação.

O Pólo II é constituído por 6 edifícios, que se encontram numerados na figura 2. A saber:

1. Departamento de Engenharia Química;
2. Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores;
3. Departamento de Engenharia Informática;
4. Departamento de Engenharia Civil;
5. Departamento de Engenharia Mecânica;
6. Unidade Central Pedagógica.



Figura 2 - Vista aérea do Polo II da Universidade de Coimbra

A caracterização dos diferentes edifícios será feita através dos índices referidos na secção 2.3. desta dissertação. Todos os índices foram calculados tendo por base os dados de telecontagem referentes ao ano de 2013. Importa ainda referir que os contratos de fornecimento de energia eléctrica de todos os edifícios em estudo são com a empresa EDP Comercial, desde Setembro de 2012.

A tabela seguinte evidencia os índices calculados para os vários edifícios.

Tabela 1 - Índices energéticos dos edifícios do Pólo II (referentes ao ano 2013)

	DEC	DEEC	DEI	DEM	DEQ	UCP
Pot. Máx [kW]	381,00	191,00	155,00	157,42	131,78	204,82
Pot. Méd. [kW]	68,30	63,69	63,66	54,96	37,28	37,98
UP [horas]	1570,29	2920,77	3597,67	3057,83	2477,58	1624,17
FC	0,18	0,33	0,41	0,35	0,28	0,19
CPV (%)	19,25	20,25	22,31	21,40	18,94	19,97
Energia [kWh]	598281,5	557867,0	557639,3	481351,1	326501,0	332664,8

3.1 Departamento de Engenharia Civil

O DEC é o maior edifício do Pólo II, com uma área total de 20662m². Tem uma potência instalada de 800kVA e uma potência contratada que variou entre 372kW e 381kW. Recebe aulas do curso de Engenharia Civil e de Engenharia do Ambiente pelo que é um edifício muito frequentado. Este dado justifica o facto de ser o edifício onde em 2013 se registou o maior consumo e o maior valor de potência máxima e de potência média. Destaca-se ainda como o departamento com o menor factor de carga, o que evidencia que é o edifício onde a energia eléctrica é usada de forma menos regular.

3.2 Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores

O DEEC é o segundo edifício de maiores dimensões. Tem uma área de 17613m², uma potência instalada de 630kVA e uma potência contratada de 292,95kW. Em 2013 registou o segundo maior valor de potência máxima e potência média. Apresenta, no entanto, um factor de carga bem mais satisfatório do que o DEC. É o segundo edifício com o consumo mais elevado.

3.3 Departamento de Engenharia Informática

O DEI tem 11890m² de área. Tem uma potência instalada de 800kVA e uma potência contratada de 372kW. É o departamento que regista o maior valor de percentagem de consumo em período de vazio, o que demonstra que se trata de um edifício onde o consumo nocturno é elevado, o que também se deve à elevada quantidade de servidores que se mantêm em funcionamento durante a noite. Este valor também se pode justificar com a ausência de controlo automático de iluminação. Recebe os cursos de Engenharia Informática, Engenharia de Software e Design e Multimédia.

3.4 Departamento de Engenharia Mecânica

O DEM tem uma área de 11565m². Quanto ao contrato de fornecimento de energia eléctrica, a potência instalada é de 400kVA e a potência contratada é de 186kW. É neste edifício que se regista o segundo maior valor do factor de carga, o que demonstra que o uso da energia eléctrica é aqui feito de forma mais regular do que nos restantes edifícios, à excepção do DEI.

3.5 Departamento de Engenharia Química

O DEQ tem 12144m². Recebe o curso de Mestrado Integrado em Engenharia Química e o de Mestrado em Aplicações Industriais de Polímeros. A potência requisitada é de 630kVA e a potência contratada é de 292,95kW. Apesar de não ser o edifício mais pequeno em termos de área, é o que regista um consumo mais reduzido, o que pode ser explicado pelo facto de ser o edifício frequentado por um menor número de pessoas. É também o edifício onde se registou a menor ponta (potência máxima) e a menor potência média.

3.6 Unidade Central Pedagógica

A UCP é o edifício que alberga alguns dos serviços académicos do Pólo II e ainda possui alguns anfiteatros utilizados para a realização de aulas de vários cursos ministrados neste Campus Universitário. É importante salientar que este edifício se encontra numa fase de transição, visto que alguns dos serviços administrativos têm vindo a ser transferidos para o Pólo I e a UCP está a ser preparada para receber o Departamento de Ciências da Terra. Tem uma área total de 10510m², uma potência instalada de 630kVA e uma potência contratada de 292,95kW. Apesar de se tratar do edifício de menores dimensões, não é aquele que apresenta o consumo mais reduzido. Para além disso, apresenta o segundo factor de carga mais reduzido, o que demonstra que a energia eléctrica não é utilizada de forma regular, algo que pode ser justificado com o facto de vários equipamentos ficarem ligados em períodos em que não estão a ser usados.

4. Análise de Consumos

Para analisar mais detalhadamente os consumos energéticos registados no Pólo II, é importante desagregar esses consumos para perceber o contributo que cada departamento tem para o consumo global e para perceber a evolução dos mesmos ao longo do tempo. Para isso, foram tratados os dados de facturação e de telecontagem desde o ano de 2012 até ao mês de Junho de 2014. Foram ainda utilizados alguns dados relativos aos anos de 2009, 2010 e 2011 apenas para realizar uma comparação e para registar o processo de evolução dos consumos.

4.1 Desagregação dos Consumos

Através dos dados de telecontagem, é possível perceber qual a contribuição de cada edifício para o consumo global de energia eléctrica no Pólo II. É precisamente essa informação que nos fornece o gráfico 1, que reflecte a desagregação dos consumos referentes ao ano de 2013, visto que é o último ano do qual possuímos informação referente ao ano inteiro.

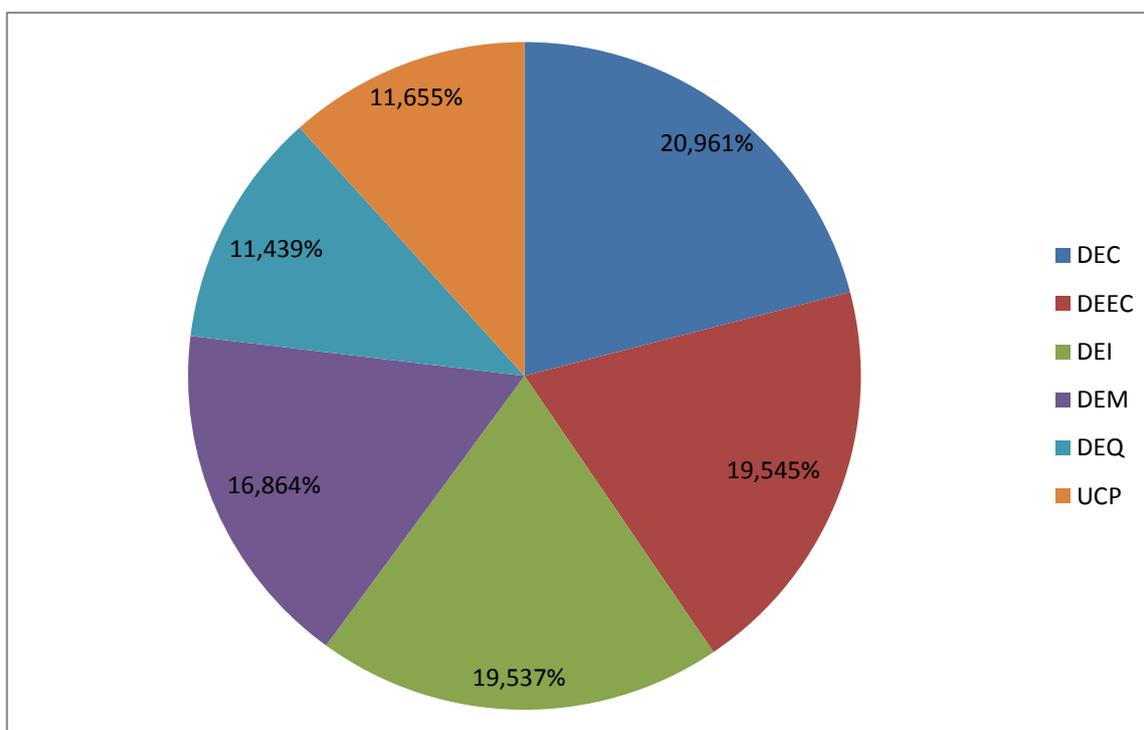


Gráfico 1 - Desagregação de consumos por edifício no ano de 2013

À semelhança do que já tinha ficado explícito no capítulo anterior desta dissertação, o DEC é o edifício com o consumo mais elevado e que tem uma natural maior contribuição para o consumo global. No entanto, com esta análise podemos perceber que o consumo no DEC é quase o dobro daquele registado no DEQ e na UCP. O consumo do DEEC e do DEI são muito parecidos.

O gráfico 2 permite perceber a contribuição individual dos diferentes períodos horários para o consumo de cada departamento. Importa referir que o ciclo horário dos departamentos é o ciclo semanal com feriados.

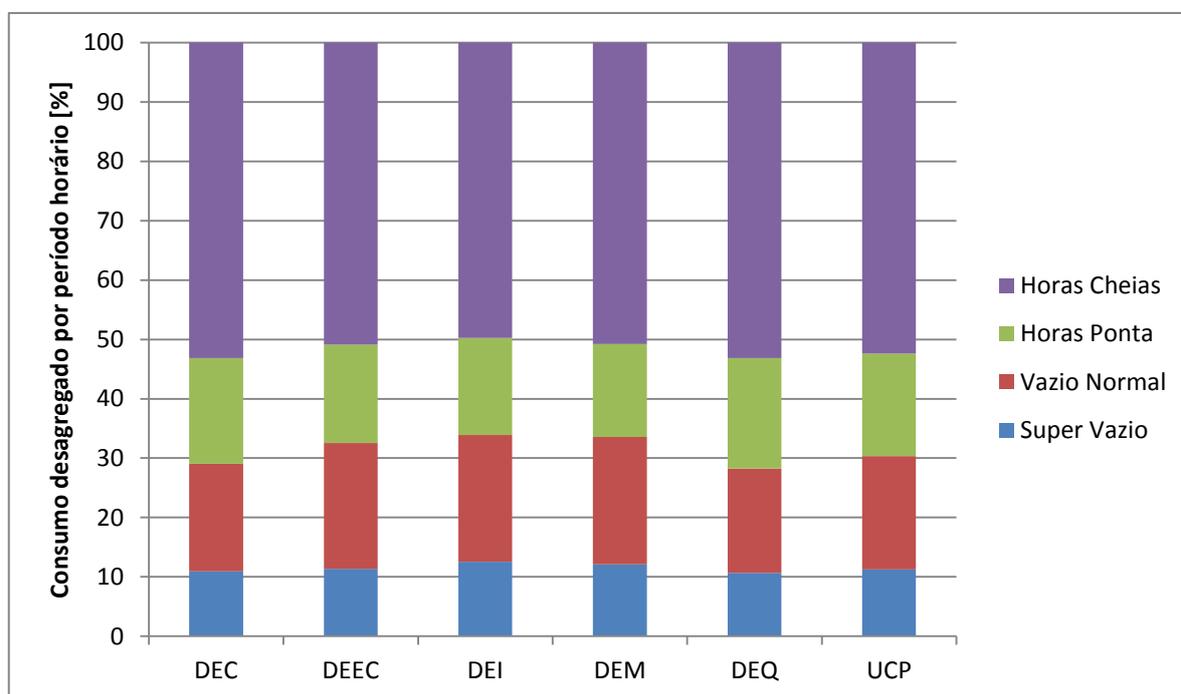


Gráfico 2 - Desagregação dos consumos por período horário (em 2013)

O DEEC, o DEI e o DEM são os departamentos onde o consumo nas horas de vazio (super vazio + vazio normal) tem maior contribuição para o consumo global do departamento em questão. Isto significa que no referido período, há equipamentos que ficam ligados, por necessidade ou por eventual esquecimento, ou que há alunos/docentes a frequentar os departamentos durante a noite para trabalhar.

4.2 Evolução dos Consumos

Quando se realiza uma monitorização do consumo de energia eléctrica, é fulcral perceber de que forma é que o consumo tem evoluído ao longo dos últimos anos, para poder detectar alguma evolução fora do normal. Essa informação está contida no gráfico 3, que expressa a percentagem de variação dos consumos de cada departamento, tendo como referência o valor do consumo no ano de 2009.

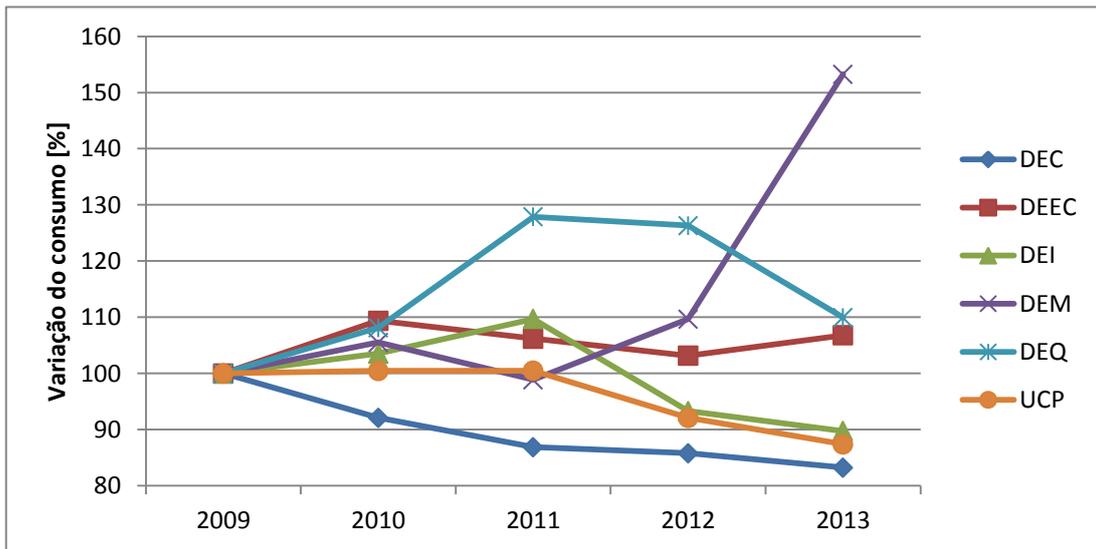


Gráfico 3 - Percentagem de variação do consumo por departamento

Pela análise do gráfico anterior, podemos perceber que o DEM registou um aumento significativo do consumo entre 2012 e 2013. No entanto, não se tratou de um aumento efectivo do consumo. Em Outubro de 2012 foi alterado o modo de contagem feito pela EDP e foi detectado um erro de contagem no sistema anterior que beneficiava o DEM. Em sentido inverso, o DEC tem registado uma diminuição do consumo de energia eléctrica ao longo dos tempos, apesar de continuar a ser o edifício com o consumo mais elevado do Pólo II. Nos restantes departamentos, destaque para o DEQ e para o DEI, que até 2011 viram os seus consumos aumentarem, mas que desde então têm conseguido diminuir a energia consumida de forma relativamente significativa. No DEEC as alterações não se podem considerar significativas e na UCP tem-se registado uma diminuição do consumo desde 2012, o que se deve sobretudo à mudança de alguns serviços administrativos para o Pólo I.

A variação dos consumos provoca uma natural variação da facturação. O gráfico 4 fornece essa informação.

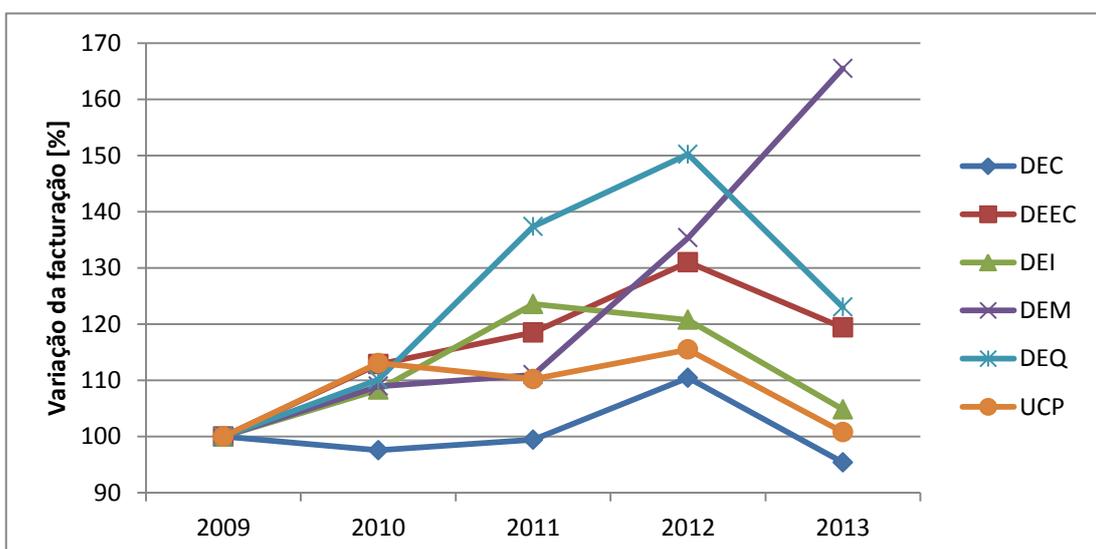


Gráfico 4 - Percentagem de variação da facturação por departamento

Do gráfico 4, a informação que mais curiosidade desperta é o aumento da facturação em quase todos os departamentos no ano de 2012, independentemente da forma como os consumos evoluíram. A explicação é simples: como já foi referido no capítulo 3, a partir de Setembro de 2012, os contratos de fornecimento da energia eléctrica passaram da responsabilidade da EDP Serviço Universal para a da EDP Comercial, o que levou a alguns ajustes na facturação. Além disso, mais significativo ainda foi o aumento do IVA da Electricidade de 6% para 23%, que entrou em vigor a 1 de Outubro de 2011 e cujos efeitos se sentiram mais a partir de 2012. Excluindo estes factores, de uma forma geral a evolução da facturação acompanha a evolução dos consumos.

4.3 Evolução do consumo de energia activa

Depois de efectuada uma comparação entre os vários edifícios, é também interessante analisar cada departamento de forma isolada. Neste capítulo é feita a análise da evolução do consumo de energia activa ao longo dos anos, desde 2011 até Maio de 2014, e a avaliação da evolução dos consumos de cada departamento também desde o ano de 2011. A informação presente nos gráficos que se seguem está dividida pelos vários meses do ano. A opção pela análise apenas a partir de 2011, e não a partir de 2009 como tinha sido feita até aqui, prende-se com a intenção de simplificar a informação gráfica e de focar atenções em dados mais recentes.

Começando pelo DEC, o departamento em que o consumo tem vindo a diminuir ao longo do tempo, pelo gráfico 5 percebe-se que o consumo acumulado tem vindo a sofrer um decréscimo, excepção feita ao ano de 2012, pelas razões já enunciadas. No ano 2013, o consumo voltou a descer com excepção para os meses de Março e Agosto, em que o consumo de 2013 foi superior ao de 2012.

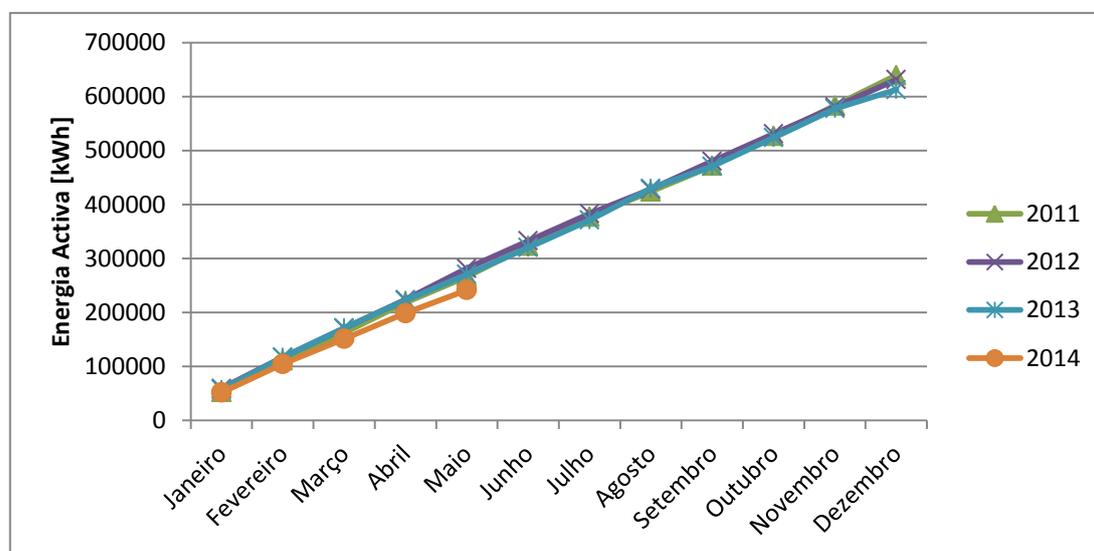


Gráfico 5 - Consumo acumulado no DEC

Quanto ao consumo de energia activa, o gráfico 6 permite perceber que de 2011 para 2012 o consumo de energia activa aumentou nos meses de Janeiro, Março, Maio e Setembro e diminuiu nos restantes meses. O comportamento do gráfico de consumo acumulado no ano de 2013 em relação ao ano de 2012 pode agora ser explicado pela variação de consumo de energia activa, que registou um aumento nos meses de Fevereiro, Março, Julho, Agosto, Outubro e Novembro e uma diminuição nos seis meses restantes. Até ao momento, no ano de 2014 o consumo tem diminuído em todos os meses, em relação ao ano passado.

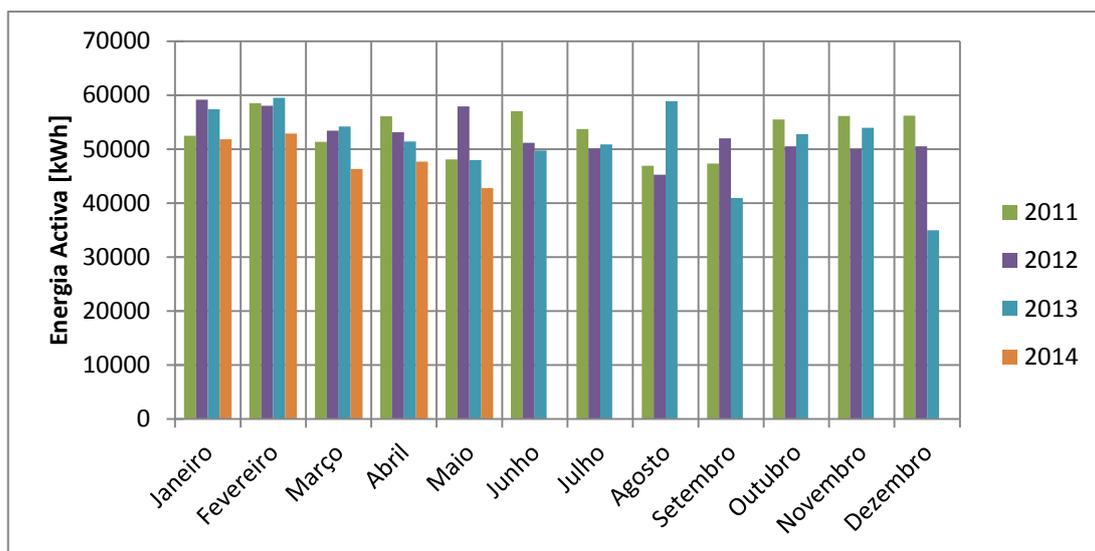


Gráfico 6 - Consumo de energia activa no DEC

Analisando agora o comportamento do DEEC, o gráfico 7 mostra a variação do consumo acumulado de ano para ano. O grande destaque vai para o aumento do consumo acumulado no ano de 2013.

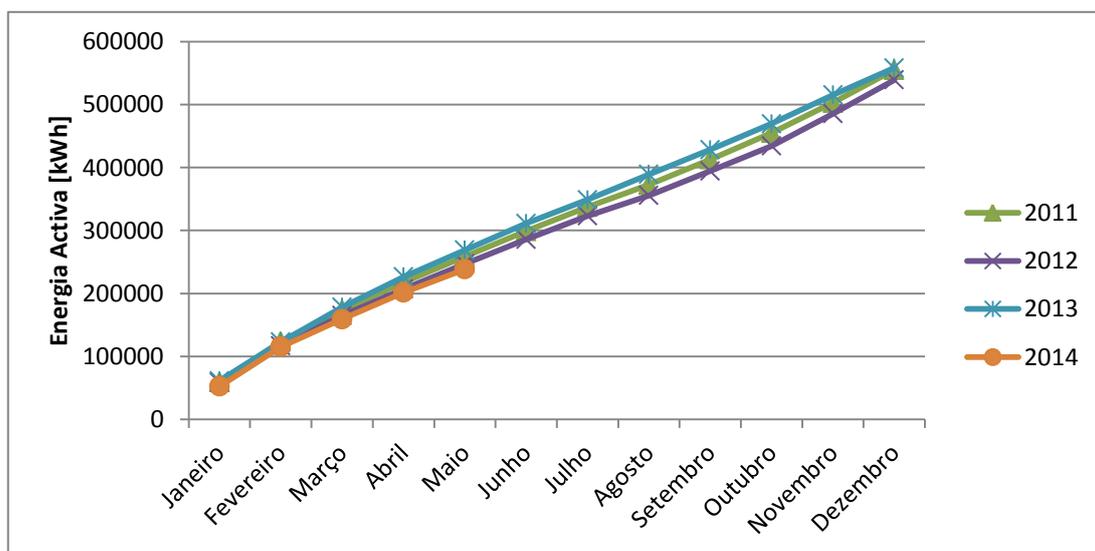


Gráfico 7 - Consumo acumulado no DEEC

A razão para o aumento do consumo acumulado em 2013 está explícita no gráfico 8, visto que em 2013, apenas em Novembro e Dezembro a energia activa consumida é inferior em relação ao período homólogo de 2012. De 2011 para 2012 a situação é precisamente o oposto. Os consumos de energia activa em 2011 foram sempre superiores aos de 2012, à excepção dos últimos dois meses do ano. Quanto ao ano que decorre, apenas em Fevereiro o consumo excedeu o do ano passado.

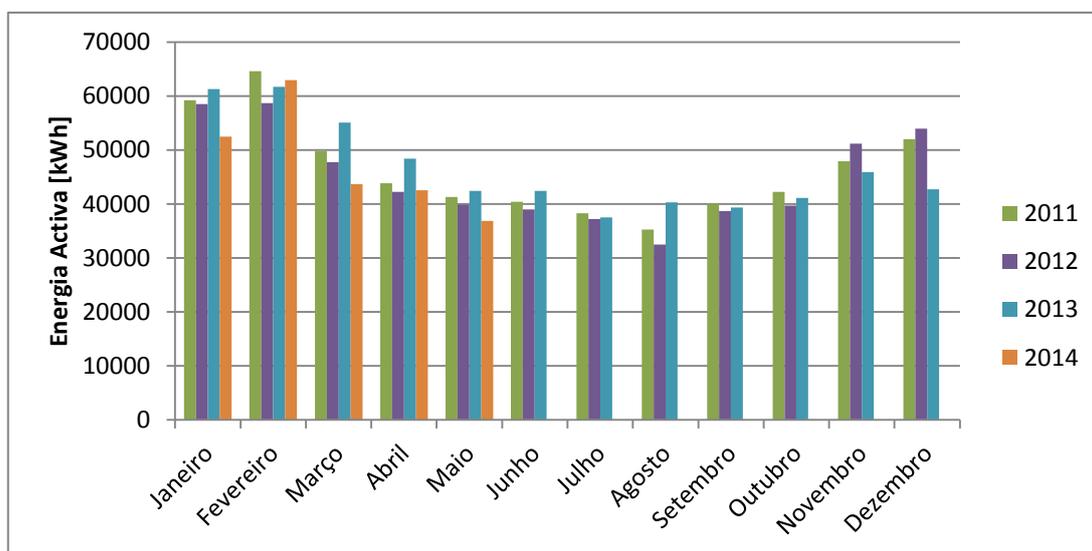


Gráfico 8 - Consumo de energia activa no DEEC

Quanto ao DEI, o consumo acumulado tem seguido um processo decrescente ao longo do tempo, sendo que a descida mais acentuada se registou de 2011 para 2012. Em 2014 sofreu um ligeiro aumento. Vejamos então o gráfico 9, que mostra isso mesmo.

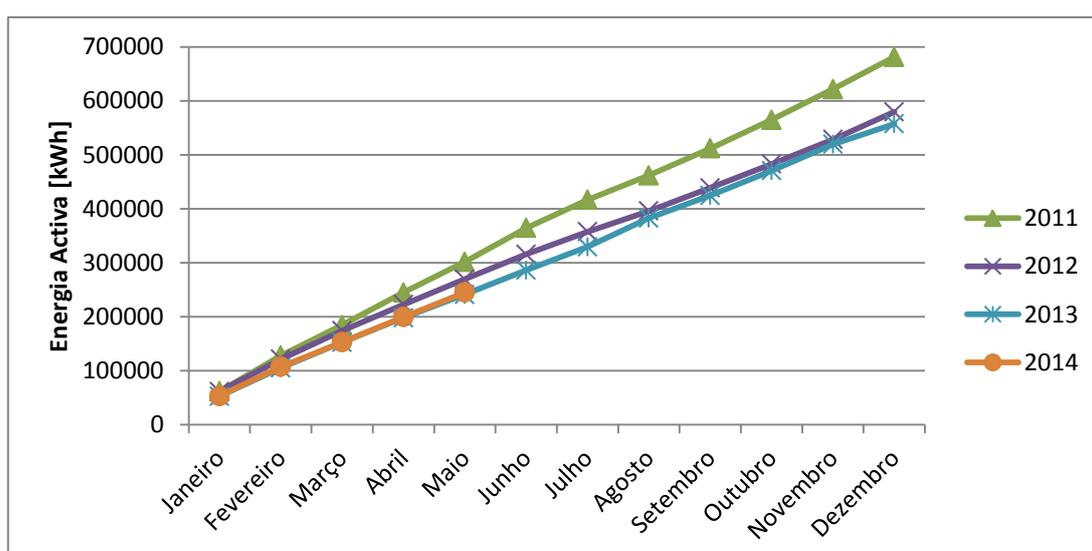


Gráfico 9 - Consumo acumulado no DEI

O gráfico 10 justifica a descida acentuada do consumo acumulado de 2011 para 2012, visto que em todos os meses de 2012 o consumo de energia activa diminuiu em relação ao ano anterior. De 2012 para 2013, os meses de Julho, Agosto, Outubro e Novembro registaram um aumento do consumo de energia, o que justifica a aproximação das curvas de consumo acumulado nesse período do ano. Quanto a 2014, o consumo tem aumentado. Apenas em Março se verificou uma redução do mesmo.

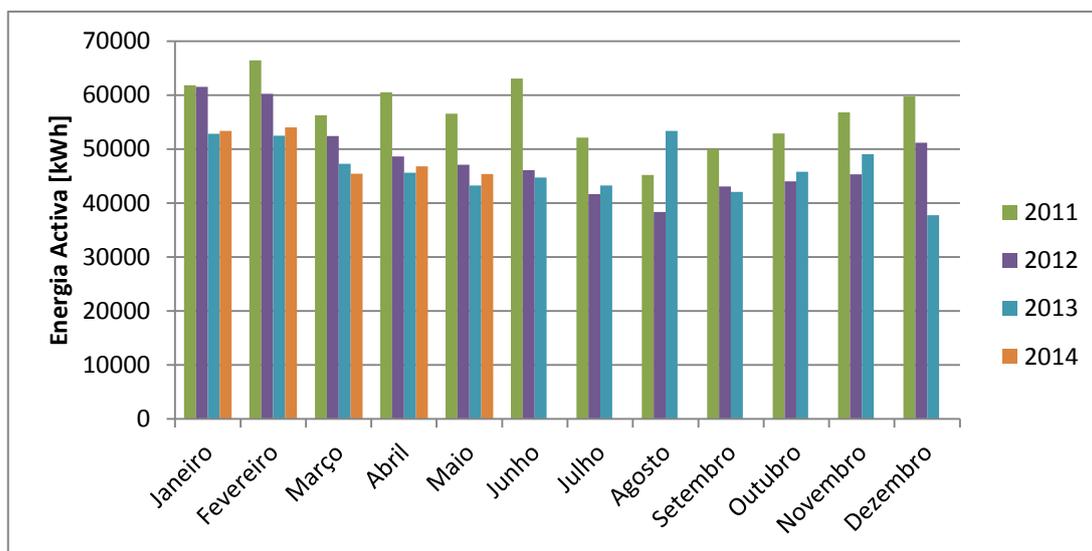


Gráfico 10 - Consumo de energia activa no DEI

No DEM, registou-se a evolução mais invulgar. O consumo acumulado tem aumentado e apenas em 2014 a situação parece estar a inverter-se, pelo menos a avaliar pelos primeiros meses do ano. Como já foi referido anteriormente, o erro no sistema de leitura da EDP, que foi corrigido em Outubro de 2012, têm influência clara neste comportamento. Eis o gráfico 11, que espelha visualmente esta situação.

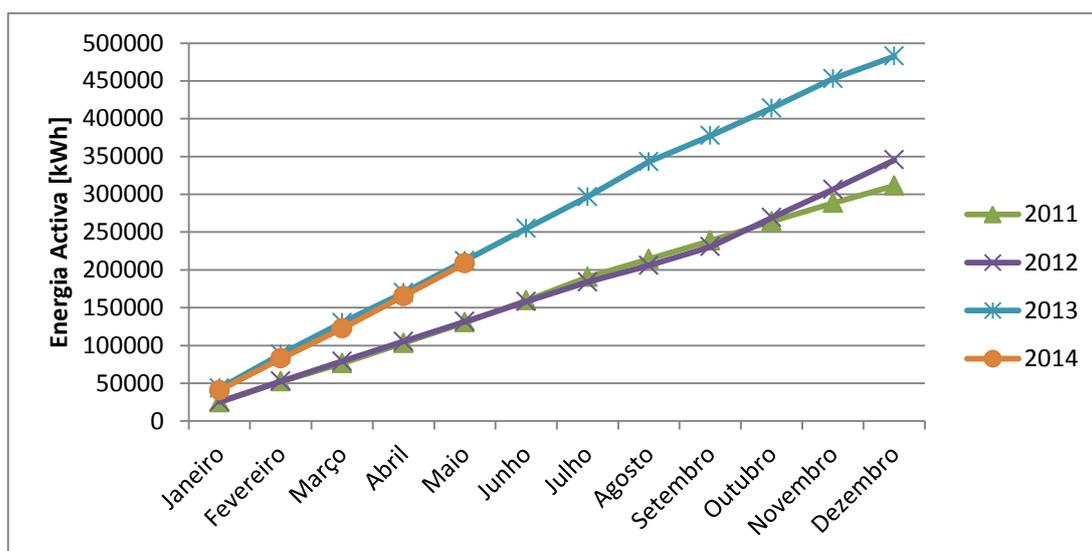


Gráfico 11 - Consumo acumulado no DEM

Pelo gráfico 12, podemos entender mais em detalhe aquilo que já era perceptível pelo gráfico 11. De 2011 para 2012, em seis meses registou-se um aumento do consumo de energia activa, com especial destaque para os meses de Outubro, Novembro e Dezembro. Isso explica o comportamento das curvas a verde e a roxo no gráfico anterior. Mas de 2012 para 2013, esse consumo aumentou significativamente em todos os meses. Este é um facto que está relacionado com o problema no sistema de medição da EDP, corrigido em Outubro de 2012, aquando da ligação da miniprodução fotovoltaica de 100 kVA à rede pública. Em 2014, nos três primeiros meses o consumo baixou mas aumentou em Abril e em Maio.

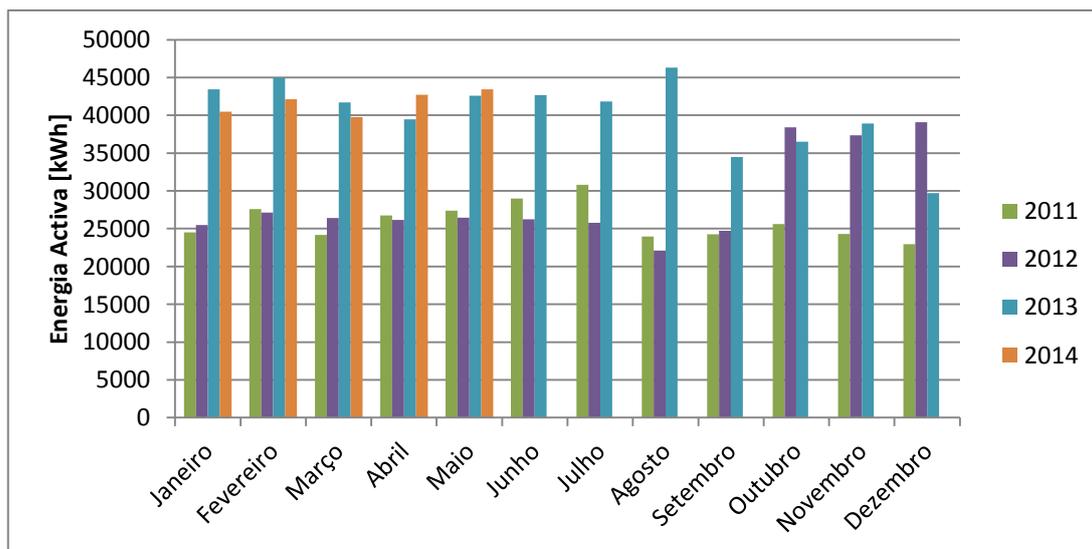


Gráfico 12 - Consumo de energia activa no DEM

A análise prossegue com o DEQ. O consumo acumulado, de 2011 para 2012, subiu nos primeiros meses mas decresceu na parte final do ano. Em 2013 sofreu uma descida significativa. Em 2014 voltou a subir ligeiramente.

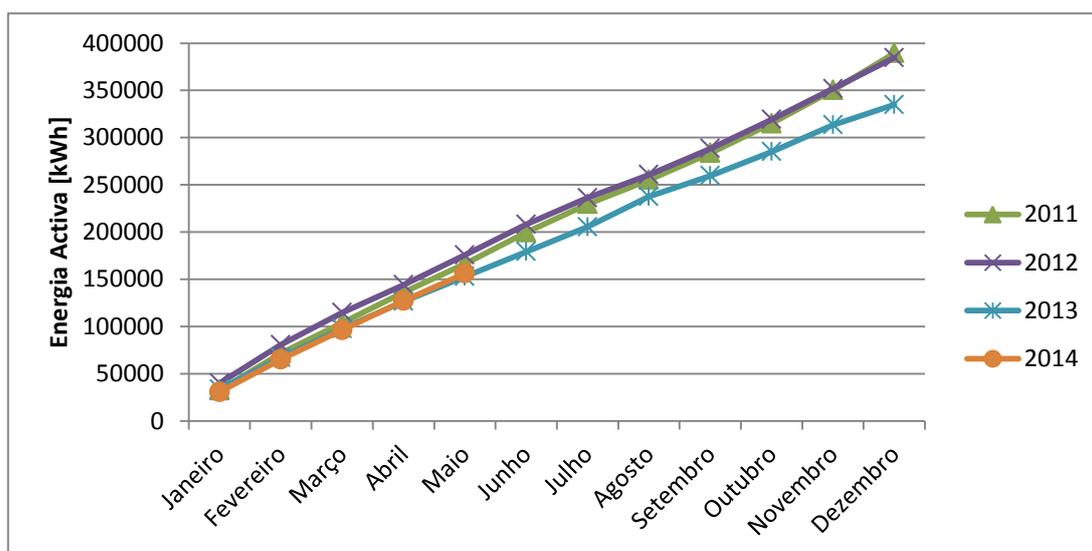


Gráfico 13 - Consumo acumulado no DEQ

Quanto ao consumo de energia activa, aumentou nos três primeiros meses de 2012, em relação a 2011, e também em Maio. Decresceu nos restantes. Em 2013 registou-se um decréscimo em todos os meses, excepto em Agosto. Em 2014 começou por continuar a decrescer, mas tem vindo a aumentar de Fevereiro até Maio. Eis o gráfico 14 com esse dado.

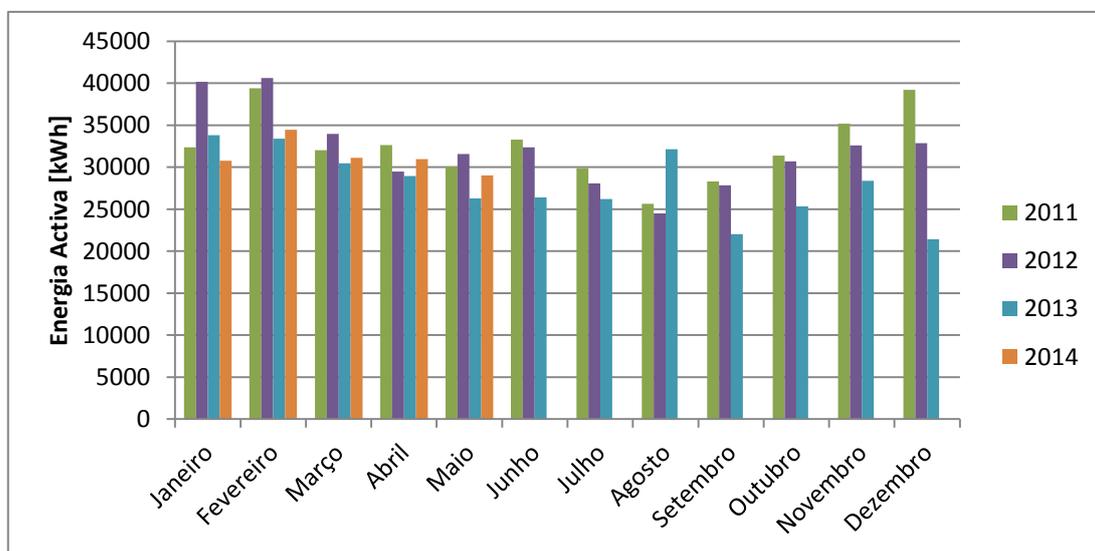


Gráfico 14 - Consumo de energia activa no DEQ

Por fim, resta analisar a evolução do consumo de energia activa na UCP. De 2011 para 2012 o consumo acumulado baixou, sendo que essa descida não foi tão acentuada nos meses de Agosto e Setembro. De 2012 para 2013, a variação do consumo acumulado não foi significativa até Agosto, altura em que aumentou de forma mais “visível”. Em Novembro voltou a decrescer. Em 2014 o consumo acumulado tem vindo a decrescer. Uma vez mais importa referir a transferência de alguns serviços administrativos para o Pólo I.

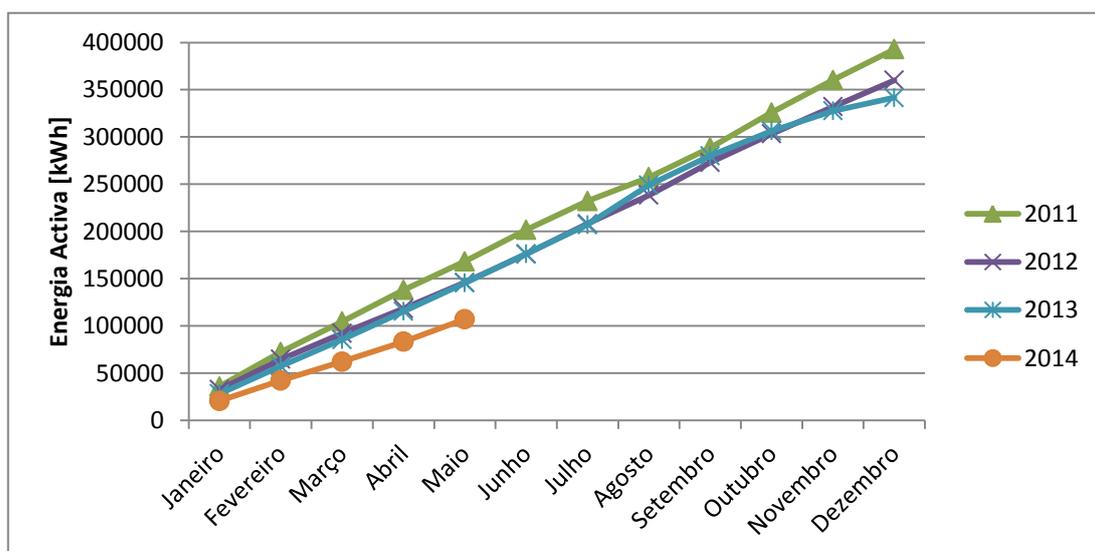


Gráfico 15 - Consumo acumulado na UCP

O gráfico 16 vem confirmar a análise feita anteriormente. De 2011 para 2012 o consumo de energia activa diminuiu quase em todos os meses, aumentando em Julho, Agosto e Setembro. De 2012 para 2013 salta à vista a subida acentuada do consumo no mês de Agosto e a redução que se seguiu nos restantes meses até ao final do ano. E em 2014 confirma-se o consumo mais baixo em relação ao ano precedente.

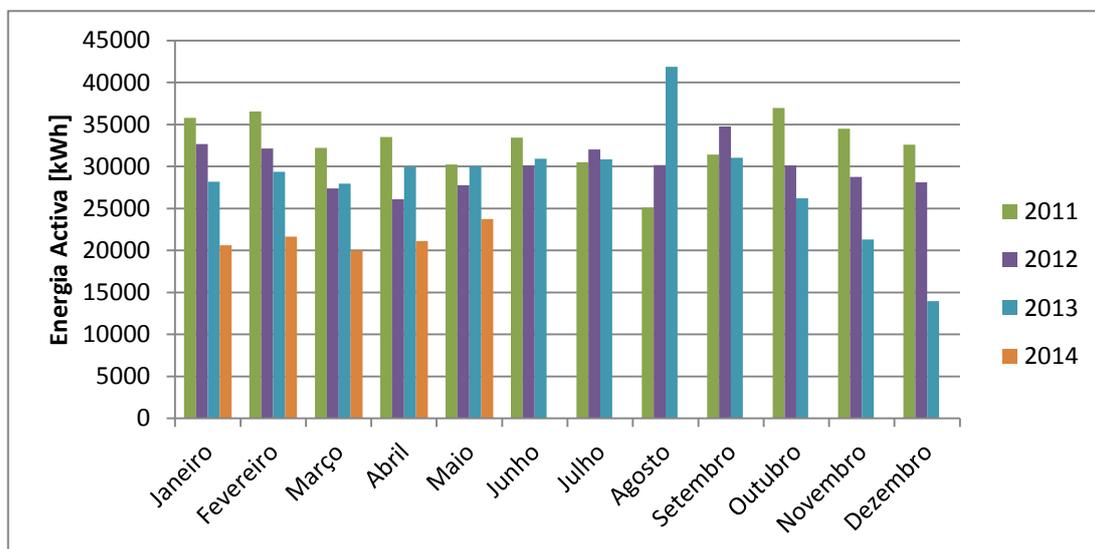


Gráfico 16 - Consumo de energia activa na UCP

A análise feita neste capítulo é de extrema importância porque permite detectar os efeitos da sazonalidade num edifício e assim procurar formas de mitigar esses efeitos no consumo de energia eléctrica. Esta é uma boa forma de analisar os dados recolhidos por um sistema de monitorização e de criar um histórico mensal de consumos que permita comparar períodos homólogos do mesmo edifício ou de edifícios distintos que estejam sujeitos às mesmas funcionalidades e às mesmas condições ambientais.

5. Análise comparativa da telecontagem

A telecontagem é um processo de comunicação de leituras de consumos automatizado através do qual são realizadas medições em pontos remotos ou inacessíveis, cujos dados são enviados para equipamentos receptores de monitorização. Este processo envia, a cada 15 minutos, os valores de consumo de energia fornecida pela rede que permitem posteriormente processar a facturação de electricidade da instalação e disponibilizar históricos de consumo.

E são tambos dados recolhidos por telecontagem que permitem analisar a sazonalidade dos vários edifícios. Para tal foram escolhidas semanas específicas das quatro estações do ano, com o cuidado de não escolher semanas que contenham feriados ou pausas lectivas. Comparando os diagramas de carga e os índices calculados nas diversas semanas, podemos comparar os consumos energéticos nas diferentes estações do ano. É de ressaltar ainda que foi considerado que uma semana começa à segunda-feira e termina no domingo seguinte. Na época de Inverno, optou-se por escolher a semana de 16 a 22 de Dezembro. Na época de Verão, optou-se pela semana de 19 a 25 de Maio. Para a época de meia estação, foi escolhida uma semana aleatória em Outubro, de 14 a 20, e outra semana em Abril, de 7 a 13. Todas as semanas enunciadas anteriormente são semanas durante o período lectivo. Para analisar o comportamento dos consumos em semanas atípicas, isto é, semanas de pausa no período lectivo ou semanas em que não existem aulas mas em que os departamentos são frequentados por alunos em preparação para os exames, foram escolhidas outras quatro semanas. A saber: a semana de 23 a 29 de Dezembro (primeira semana de férias de Natal), a semana de 6 a 12 de Janeiro (primeira semana de exames do 1º semestre), a semana de 14 a 20 de Abril (férias da Páscoa) e a semana de 9 a 15 de Junho (primeira semana de exames do 2º semestre).

5.1. Semanas “típicas”

Começamos então por comparar os consumos nos vários edifícios numa semana de meia estação com uma semana de Inverno. Para isso, seleccionamos a semana de 14 a 20 de Outubro e a semana de 16 a 22 de Dezembro.

No que diz respeito do DEC, os gráficos 17 e 18 e a tabela 2 espelham essa comparação.

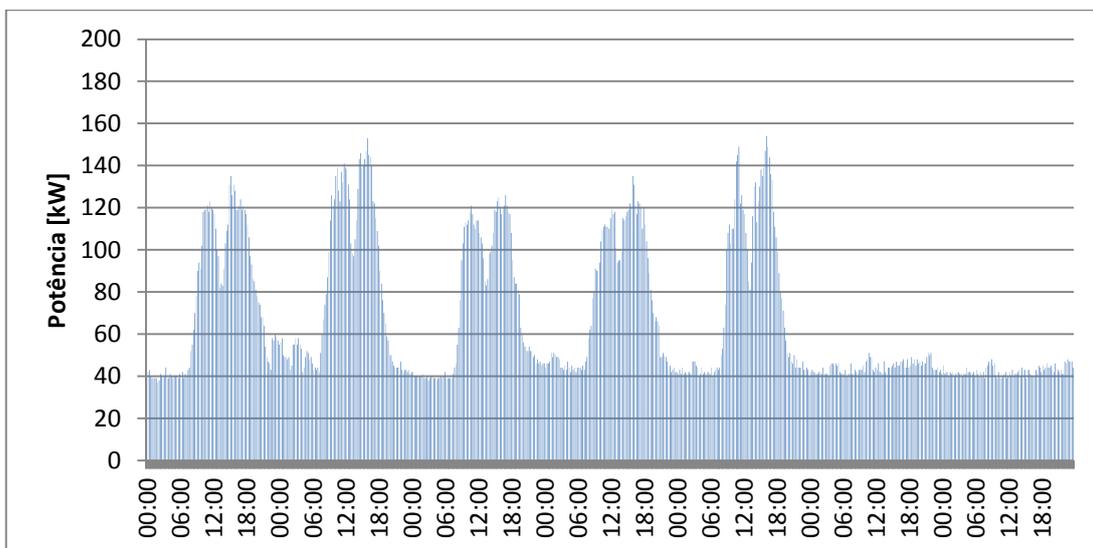


Gráfico 17 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEC

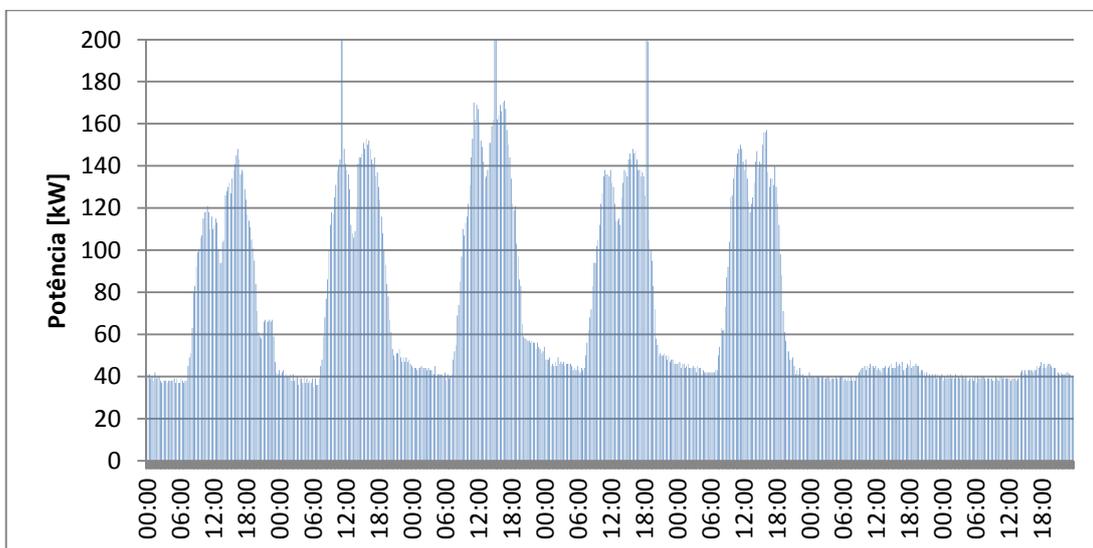


Gráfico 18 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEC

Tabela 2 - Índices energéticos do DEC nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro

DEC 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
14 a 20 de Out	11254,75	154,00	37,00	66,99	73,08	0,44
16 a 22 de Dez	12276,25	304,00	35,00	76,17	40,38	0,25

Os consumos em Dezembro são superiores aos registados em Outubro, fruto da temperatura mais rigorosa que se faz sentir no Inverno, que obriga à utilização de equipamentos de aquecimento.

Enquanto que em Outubro, a potência média pedida à rede atingiu valores a rondar os 67 kW, em Dezembro esse valor foi superior em cerca de 10 kW, a que corresponde um aumento de consumo de 13,7%, o que não é um aumento muito significativo, demonstrando que este edifício é pouco afectado pela sazonalidade nesta fase do ano. O consumo registado ao fim de semana também não sofreu grande evolução. No DEEC são utilizadas máquinas de grande potência, que justificam o aparecimento de picos de consumo no diagrama de carga.

Quanto ao DEEC, os gráficos 19 e 20 e a tabela 3 servem de base à análise.

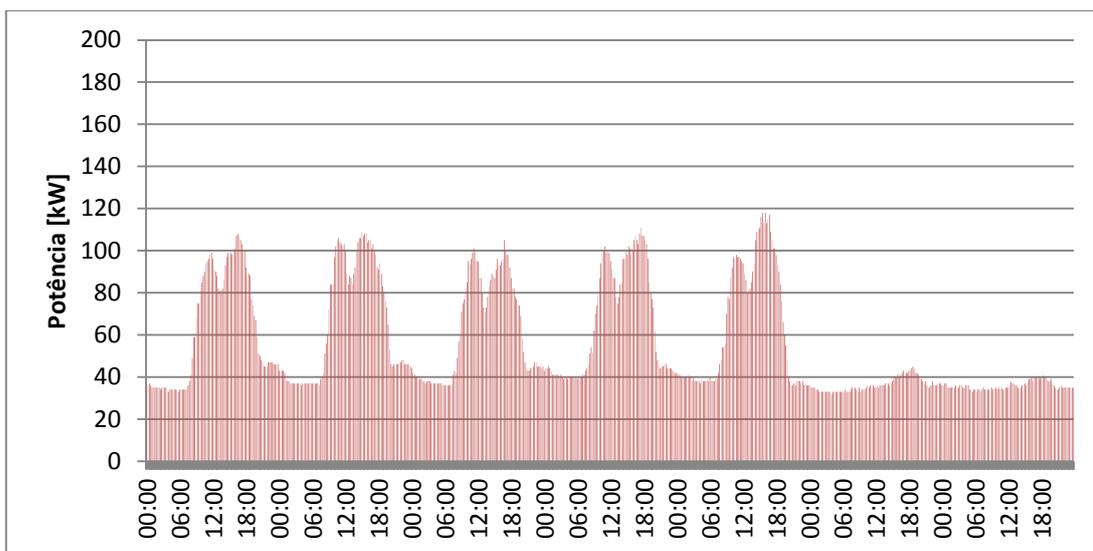


Gráfico 19 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEEC

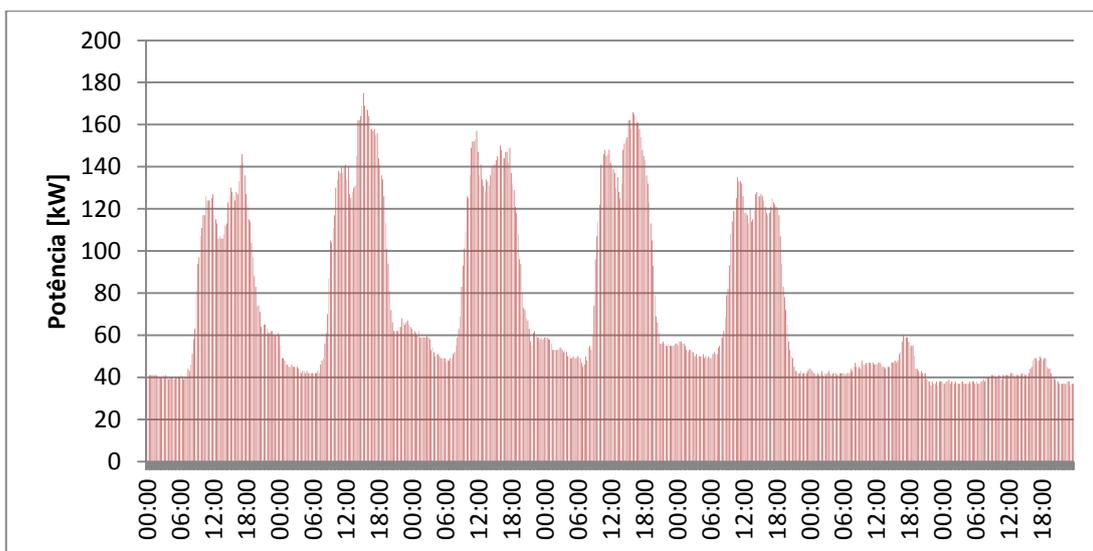


Gráfico 20 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEEC

Tabela 3 - Índices energéticos do DEEC nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro

DEEC 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
14 a 20 de Out	9470,25	118,00	32,00	56,37	80,26	0,48
16 a 22 de Dez	12542,50	175,00	36,00	77,89	71,67	0,45

No DEEC, é muito mais visível o efeito da sazonalidade. Em Dezembro, a potência média pedida à rede supera em cerca de 20 kW a potência média pedida em Outubro (um aumento de 38,2%). Conclui-se que neste edifício são muito utilizados equipamentos de climatização eléctricos durante o Inverno. Em comparação com o DEC, o consumo durante a noite e ao fim de semana é superior (sobretudo em Dezembro), o que pode significar que o departamento é mais utilizado por alunos ou docentes para trabalhar, ou que há equipamentos que ficam ligados propositadamente (servidores) ou por descuido (climatização) durante esses dias. É importante recordar que esta é uma semana final de aulas, em que os utilizadores do edifício passam mais tempo a trabalhar.

O próximo departamento a merecer análise é o DEI, através dos gráficos 21 e 22 e da tabela 4.

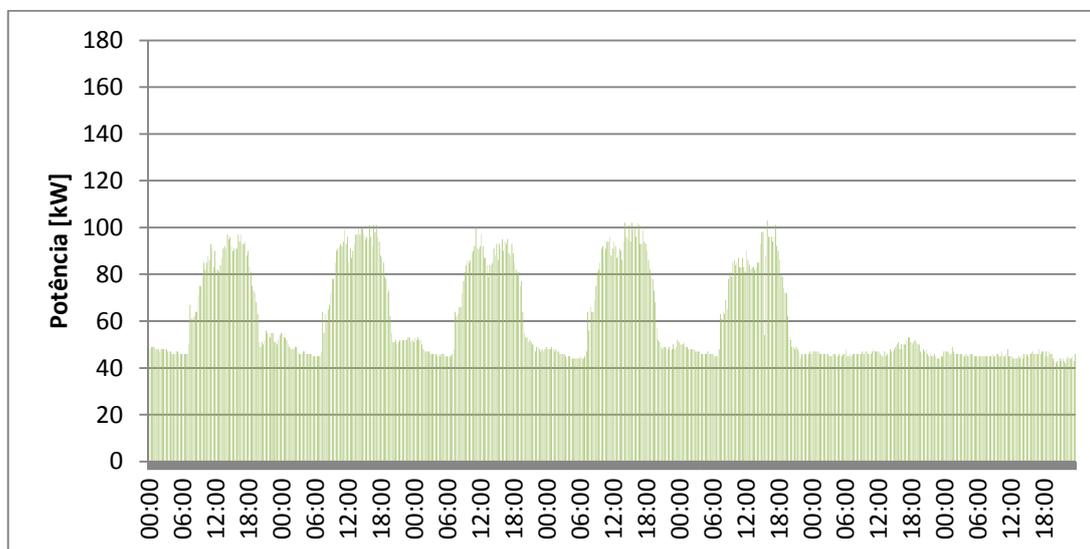


Gráfico 21 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEI

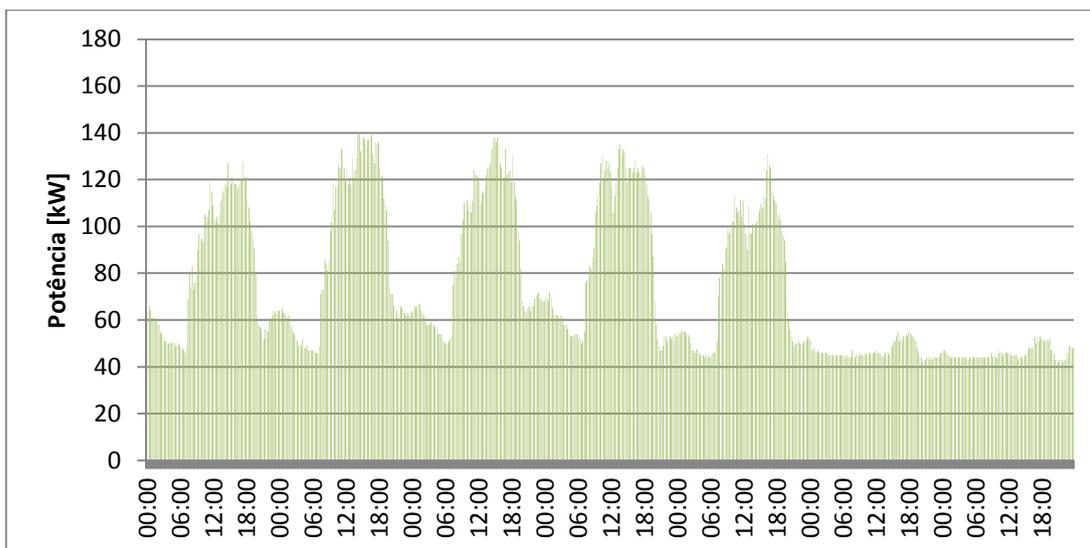


Gráfico 22 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEI

Tabela 4 - Índices energéticos do DEI nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro

DEI 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
14 a 20 de Out	10294,50	103,00	41,00	61,28	99,95	0,59
16 a 22 de Dez	12381,50	140,00	42,00	76,36	88,44	0,55

À semelhança do DEEC, também o DEI registou uma diferença significativa da potência média pedida à rede entre Outubro e Dezembro. Passou de cerca de 61 kW para cerca de 76 kW. Uma diferença, portanto, de 15 kW (aumento de 24,6%). Trata-se de um departamento em que a sazonalidade se faz sentir. Durante as horas de vazio, o consumo também é considerável, pelas mesmas razões descritas para o DEEC.

Relativamente ao DEM, vejamos os gráficos 23 e 24 e ainda a tabela 5.

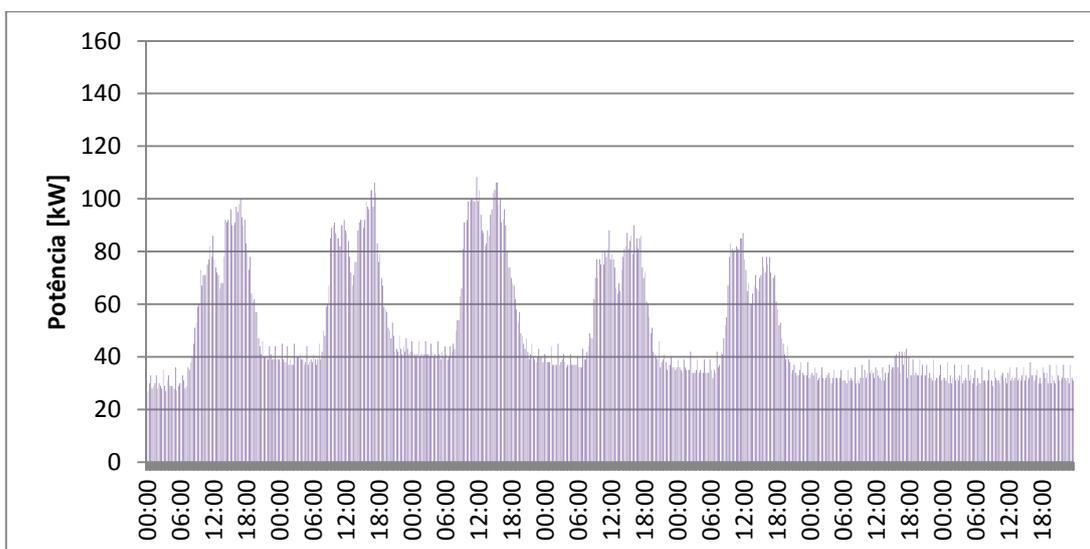


Gráfico 23 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEM

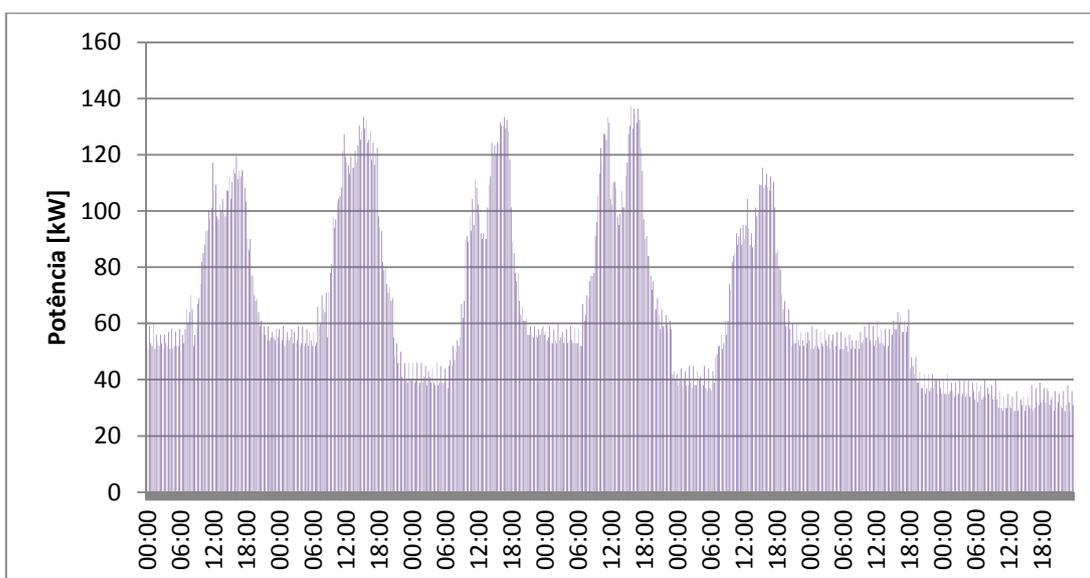


Gráfico 24 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEM

Tabela 5 - Índices energéticos do DEM nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro

DEM 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
14 a 20 de Out	8446,60	108,27	26,95	50,28	78,02	0,46
16 a 22 de Dez	11068,42	137,35	31,96	69,15	80,58	0,50

Neste departamento, a diferença de potência média pedida à rede entre Outubro e Dezembro cifra-se nos 19 kW (aumentou cerca de 37,5%). O consumo em horas de vazio não é tão significativo em Outubro como nos restantes departamentos já analisados, mas em Dezembro esse consumo aumentou, sobretudo no início e no final da semana considerada. No sábado, a potência atingiu os 60 kW, o que indicia que o departamento foi utilizado, provavelmente por alunos em início de preparação para os exames ou para finalização de trabalhos de final de semestre.

Quanto ao DEQ, centremos atenções nos gráficos 25 e 26 e também na tabela 6.

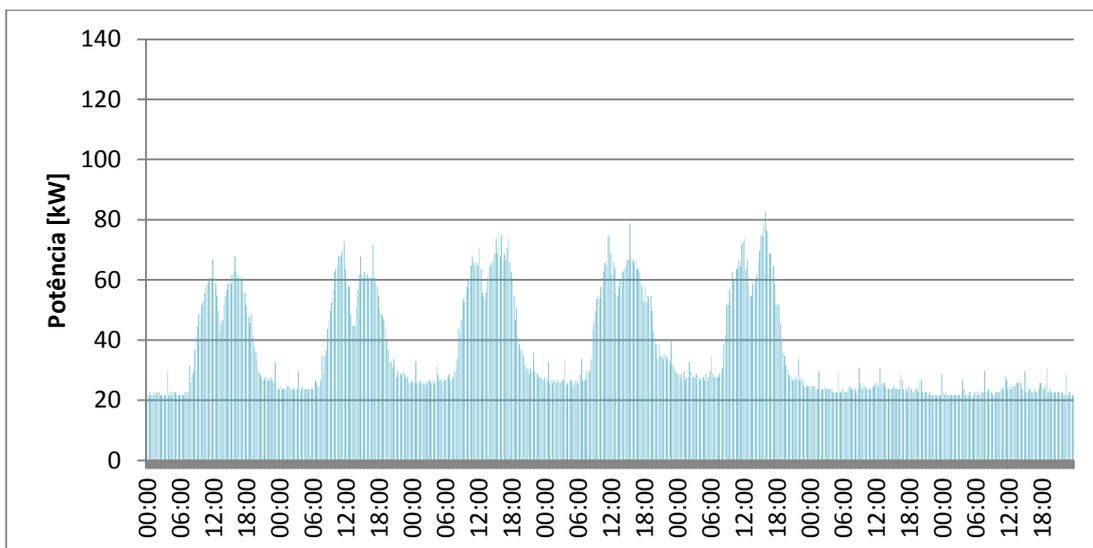


Gráfico 25 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro no DEQ

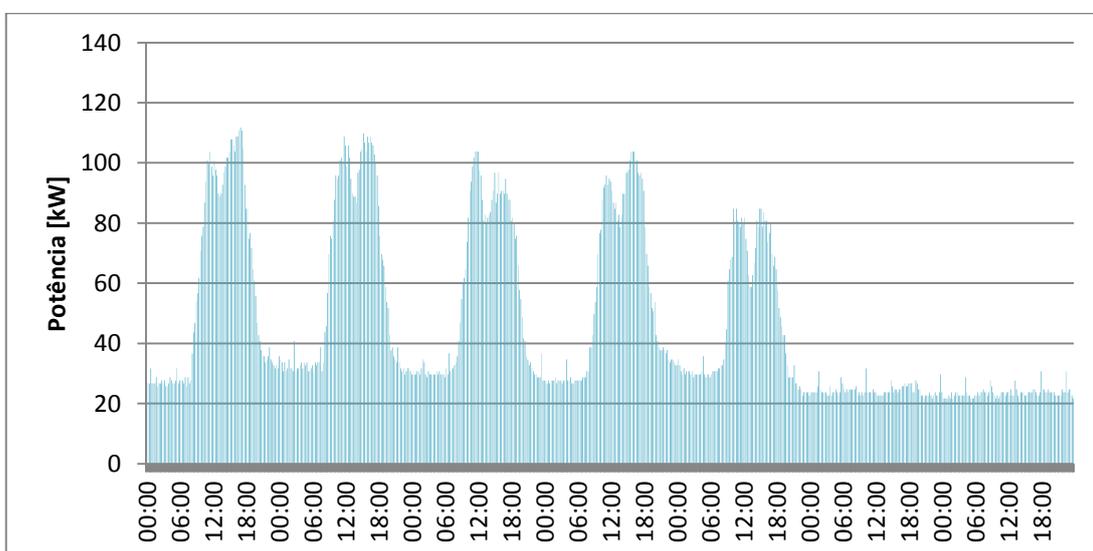


Gráfico 26 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro no DEQ

Tabela 6 - Índices energéticos do DEQ nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro

DEQ 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
14 a 20 de Out	6169,99	82,75	20,70	36,73	74,56	0,44
16 a 22 de Dez	7831,65	111,77	21,71	48,86	70,07	0,44

No DEQ, a potência média em Outubro atingiu os 37 kW enquanto que em Dezembro alcançou os 49 kW. Uma diferença de cerca de 12 kW (33%). A nota de maior destaque vai para o reduzido consumo em horas de vazio, o que demonstra que este departamento é pouco utilizado nesses períodos. Confirma-se a informação de que é o edifício onde se regista o menor consumo.

Finalmente, falta analisar a UCP, cujo comportamento energético nestas semanas está caracterizado nos gráficos 27 e 28 e na tabela 7.

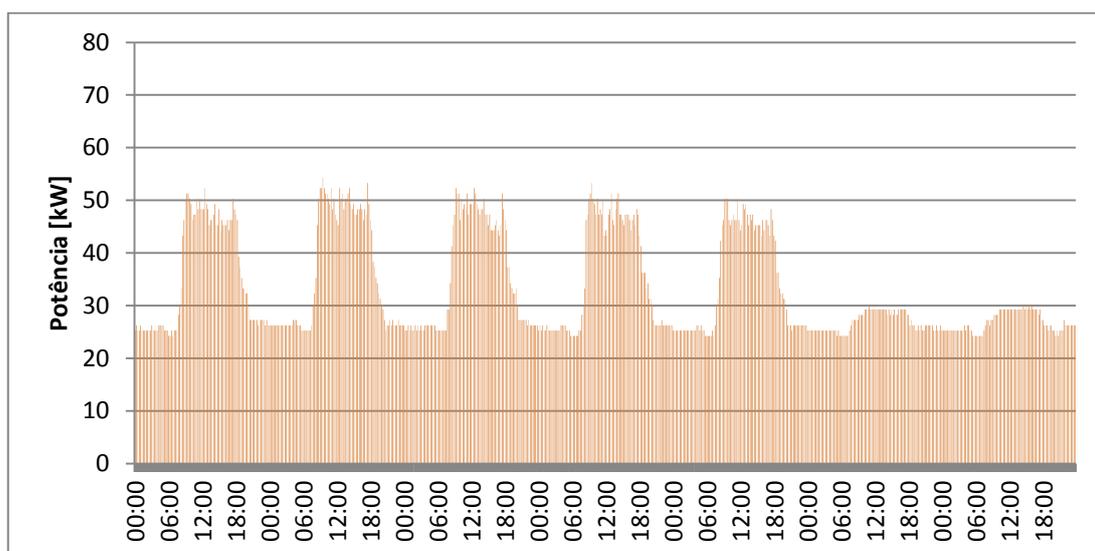


Gráfico 27 - DSC da semana de 14 a 20 de Outubro na UCP

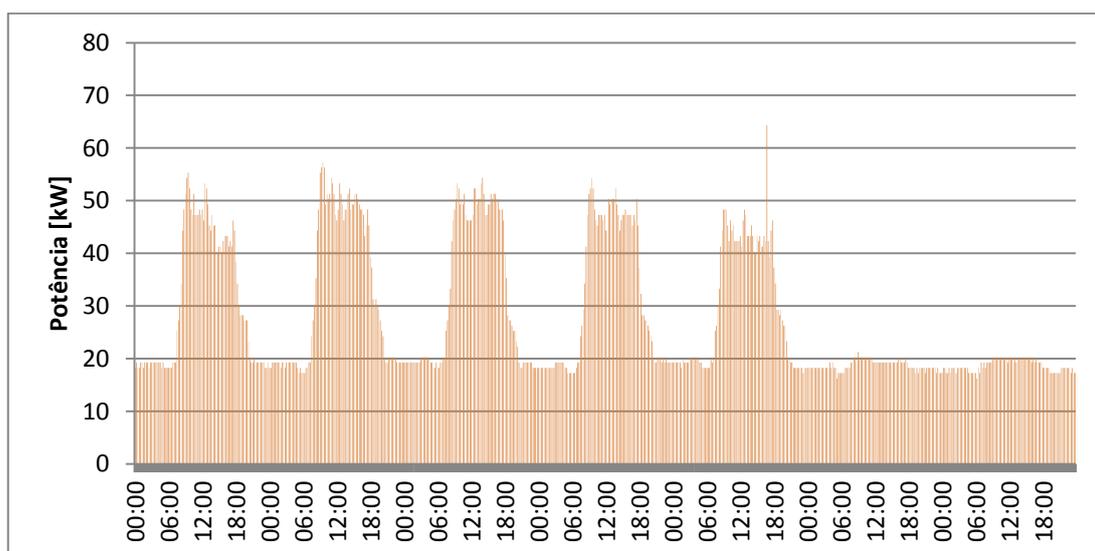


Gráfico 28 - DSC da semana de 16 a 22 de Dezembro na UCP

Tabela 7 - Índices energéticos da UCP nas semanas de 14 a 20 de Outubro e de 16 a 22 de Dezembro

UCP 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
14 a 20 de Out	5581,15	54,29	24,27	33,22	102,81	0,61
16 a 22 de Dez	4711,03	64,30	16,26	28,92	73,27	0,45

Registou-se uma diferença pequena de potência média pedida à rede entre Outubro e Dezembro (cerca de 5 kW, um decréscimo de 12,9%). De lembrar que este edifício ainda está em processo de transição de algumas funções para o Pólo I e está a ser preparado para receber o Departamento das Ciências da Terra. Em relação ao consumo em horas de vazio, também é mais

reduzido, devido às funções a que este edifício se destina. É de registar, no entanto, um ligeiro aumento da potência no fim-de-semana em Outubro, que pode significar que alguns equipamentos podem ter ficado ligados acidentalmente.

Agora importa também comparar os consumos nos vários edifícios numa semana de meia estação com uma semana de Verão. Para tal, seleccionamos a semana de 7 a 13 de Abril e a semana de 19 a 25 de Maio. Em Maio ainda não começou o Verão, mas a temperatura já é mais elevada e interessa aqui analisar uma semana incluída no período lectivo. Começamos então a análise pelo DEC e pelos gráficos 29 e 30 e pela tabela 8.

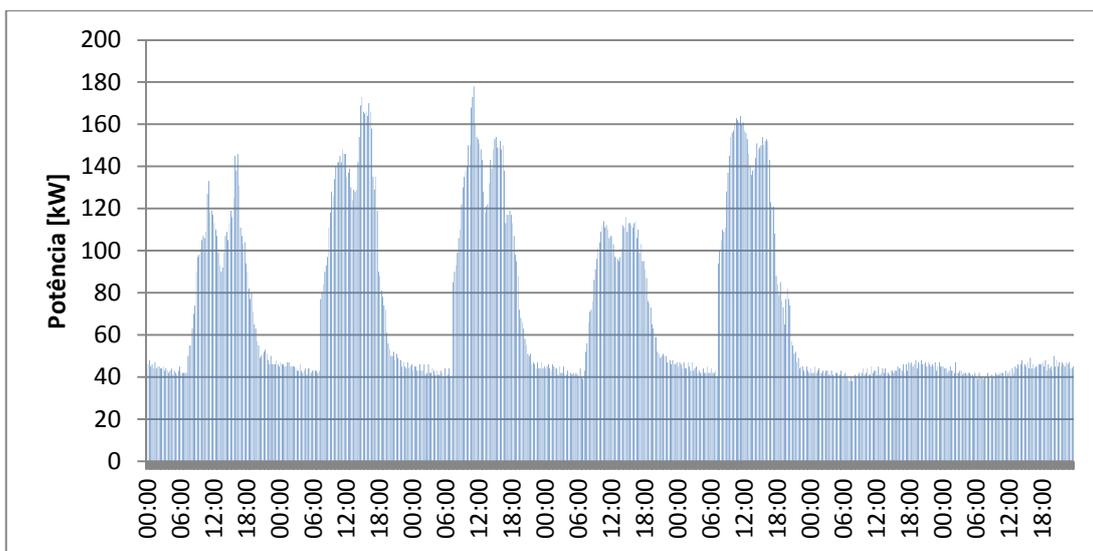


Gráfico 29 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEC

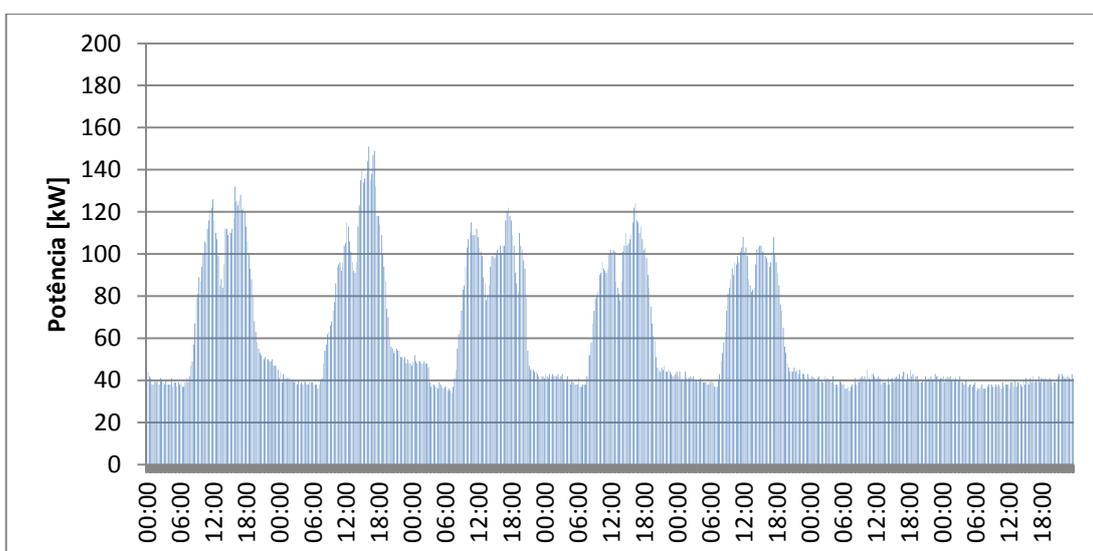


Gráfico 30 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEC

Tabela 8 - Índices energéticos do DEC nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio

DEC 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
7 a 13 de Abr	11973,25	178,00	38,00	71,27	67,27	0,40
19 a 25 de Mai	10294,00	151,00	34,00	61,27	68,17	0,41

Os consumos registados em Abril são semelhantes aos de Outubro, já que ambas as semanas seleccionadas fazem parte de uma época em que as temperaturas são amenas e em que o consumo com a climatização não é elevado. Comparando os dois gráficos, podemos constatar que há um decréscimo da potência média pedida à rede, de Abril para Maio, de cerca de 10 kW (cerca de 14%). Assim, podemos concluir que nesta fase do ano a sazonalidade torna-se ligeiramente mais evidente. Quanto aos consumos em horas de vazio, permanecem praticamente inalterados.

No DEEC, a análise é semelhante, como comprovam os gráficos 31 e 32 e a tabela 9.

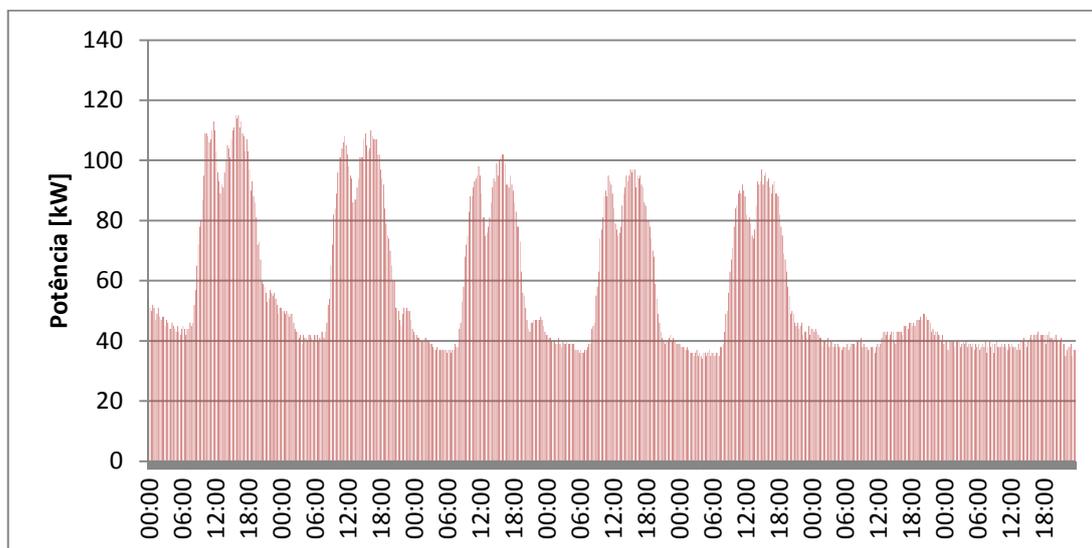


Gráfico 31 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEEC

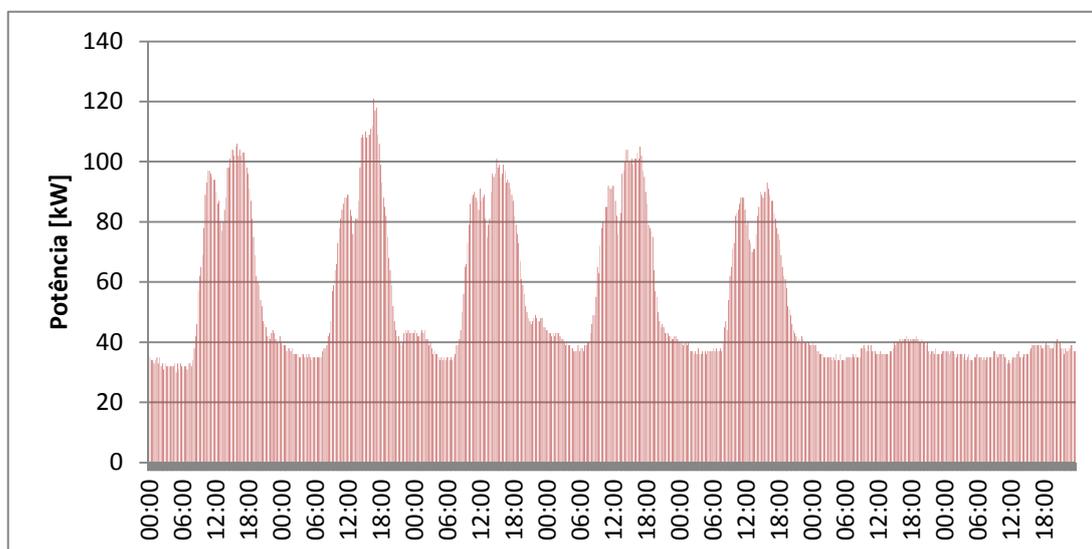


Gráfico 32 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEEC

Tabela 9 - Índices energéticos do DEEC nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio

DEEC 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
7 a 13 de Abr	9702,50	115,00	34,00	57,75	84,37	0,50
19 a 25 de Mai	9070,75	121,00	30,00	53,99	74,96	0,45

Entre Abril e Maio, os efeitos da sazonalidade são quase nulos (decréscimo de cerca de 6,5% da potência média), ao contrário do que aconteceu entre Outubro e Dezembro, em que o DEEC foi o departamento mais afectado. Comparando as duas semanas de meia estação, em Abril o consumo é ligeiramente superior a Outubro, uma vez que se trata de uma altura em que há mais alunos a frequentar o departamento para trabalhar em teses de mestrado, por exemplo. Isso também é visível no gráfico 31, em que há um aumento da potência pedida à rede ao início de cada noite.

Quanto ao DEI, vejamos os gráficos 33 e 34 e a tabela 10.

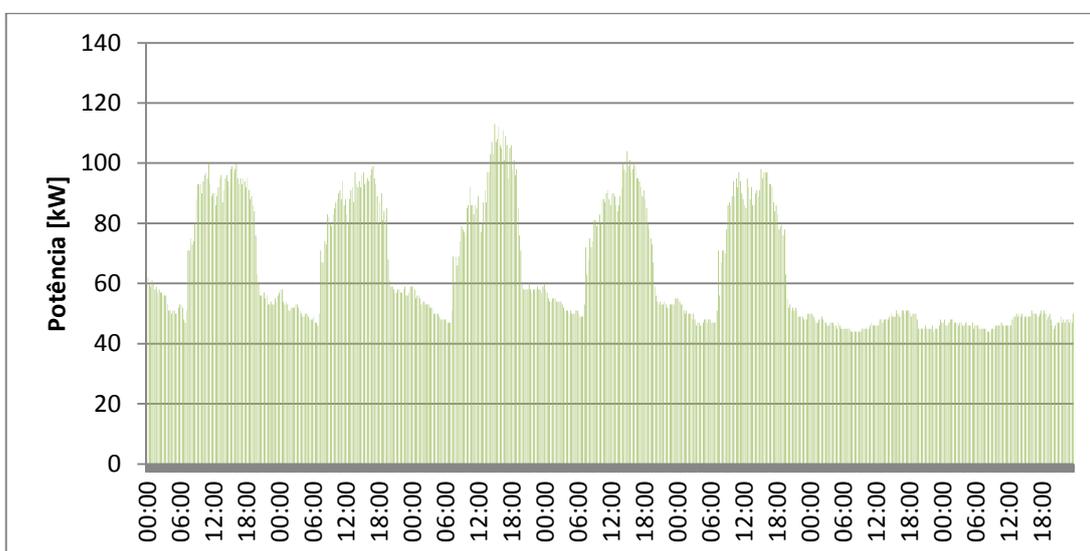


Gráfico 33 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEI

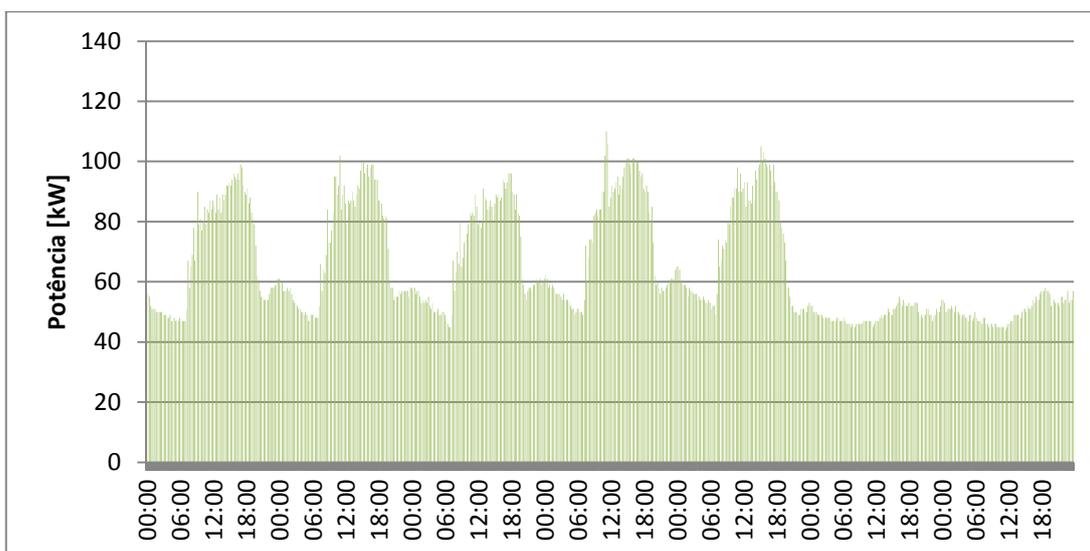


Gráfico 34 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEI

Tabela 10 - Índices energéticos do DEI nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio

DEI 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
7 a 13 de Abr	10808,50	113,00	44,00	64,34	95,65	0,57
19 a 25 de Mai	10893,00	110,00	44,00	64,84	99,03	0,59

A potência pedida à rede em horas de vazio aumentou em Abril em comparação com Outubro, em cerca de 10 kW. Os efeitos da sazonalidade são muito pouco evidentes, visto que os consumos nestas semanas se mantiveram muito próximos.

Segue-se mais uma análise do DEM, agora através dos gráficos 35 e 36 e da tabela 11.

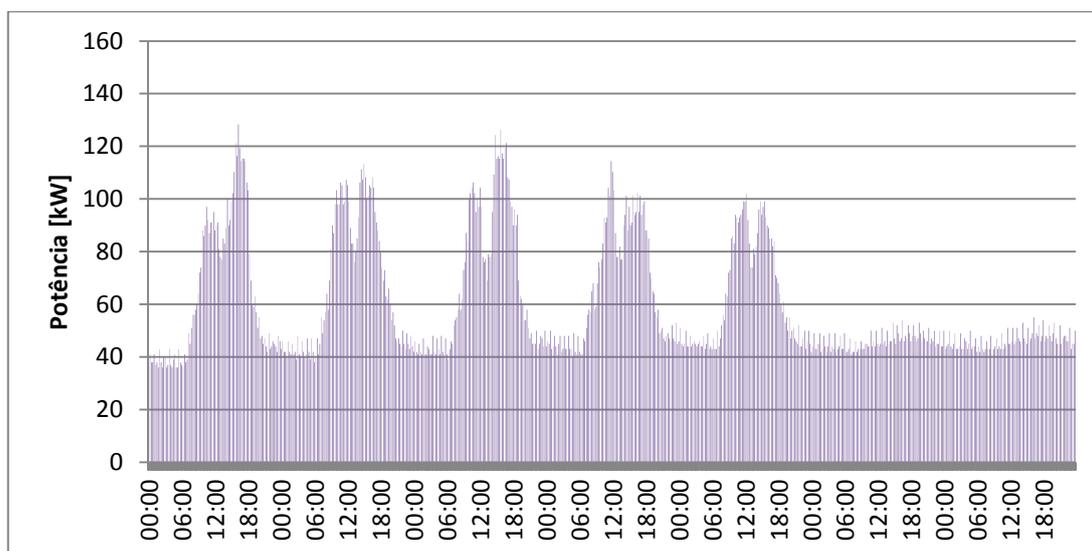


Gráfico 35 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEM

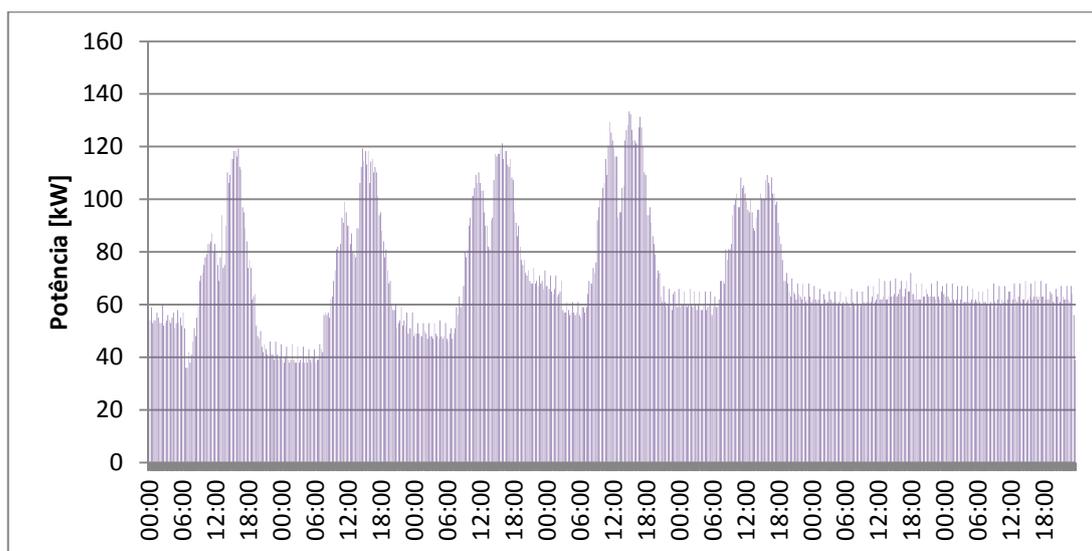


Gráfico 36 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEM

Tabela 11 - Índices energéticos do DEM nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio

DEM 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
7 a 13 de Abr	10124,98	128,33	35,96	60,27	78,90	0,47
19 a 25 de Mai	11936,46	133,34	35,96	71,05	89,52	0,53

O DEM é talvez o departamento no qual se nota mais a diferença de consumo entre as semanas de meia estação, com o consumo a aumentar em Abril em relação a Outubro. Entre Abril e Maio, a potência média aumentou cerca de 11 kW (17,9%). A potência pedida à rede nas horas de vazio da semana de Maio aumentou no final da semana, muito possivelmente devido à aproximação da época de exames.

Quanto ao consumo do DEQ, os gráficos 37 e 38 e a tabela 12 mostram a evolução.

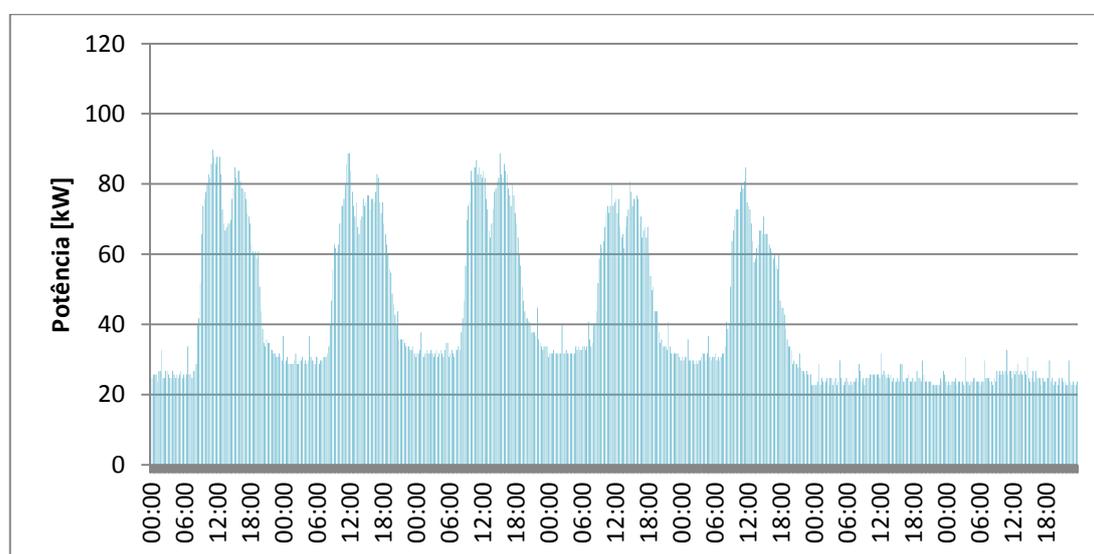


Gráfico 37 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril no DEQ

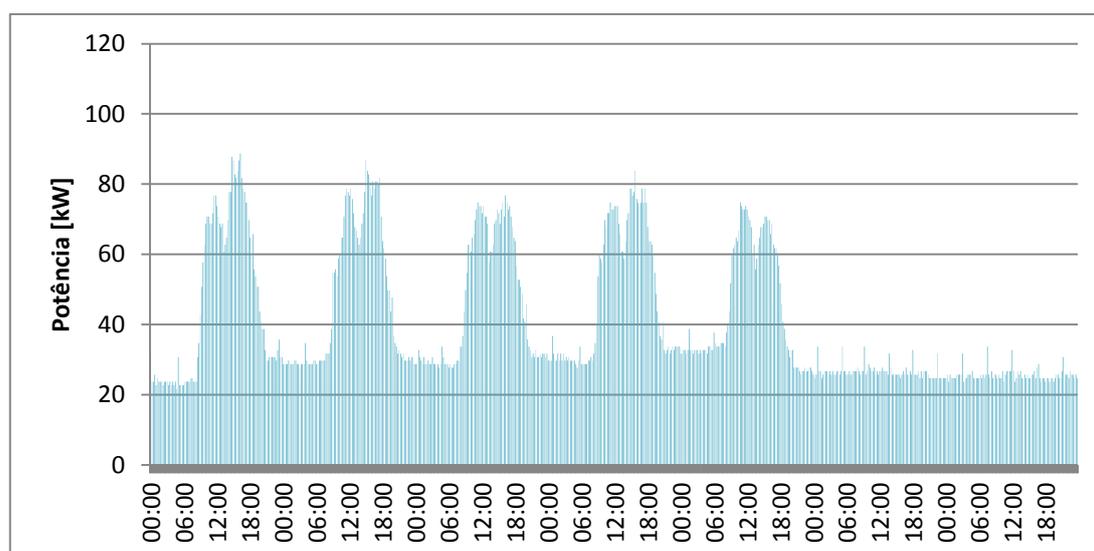


Gráfico 38 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio no DEQ

Tabela 12 - Índices energéticos do DEQ nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio

DEQ 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
7 a 13 de Abr	7106,39	89,75	22,71	42,30	79,18	0,47
19 a 25 de Mai	6876,73	88,75	21,71	40,93	77,48	0,46

Neste departamento, nota para o aumento do consumo em Abril em comparação com Outubro. Os efeitos da sazonalidade nesta fase do ano também não são significativos neste departamento, visto que entre Abril e Maio os índices calculados têm valores semelhantes.

Falta apenas analisar a UCP, através dos gráficos 39 e 40 e da tabela 13.

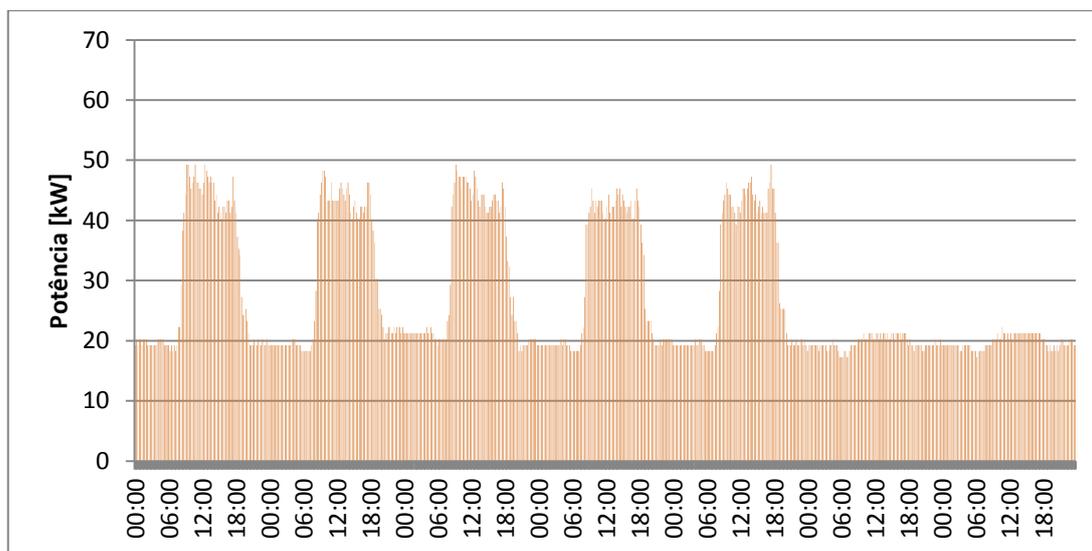


Gráfico 39 - DSC da semana de 7 a 13 de Abril na UCP

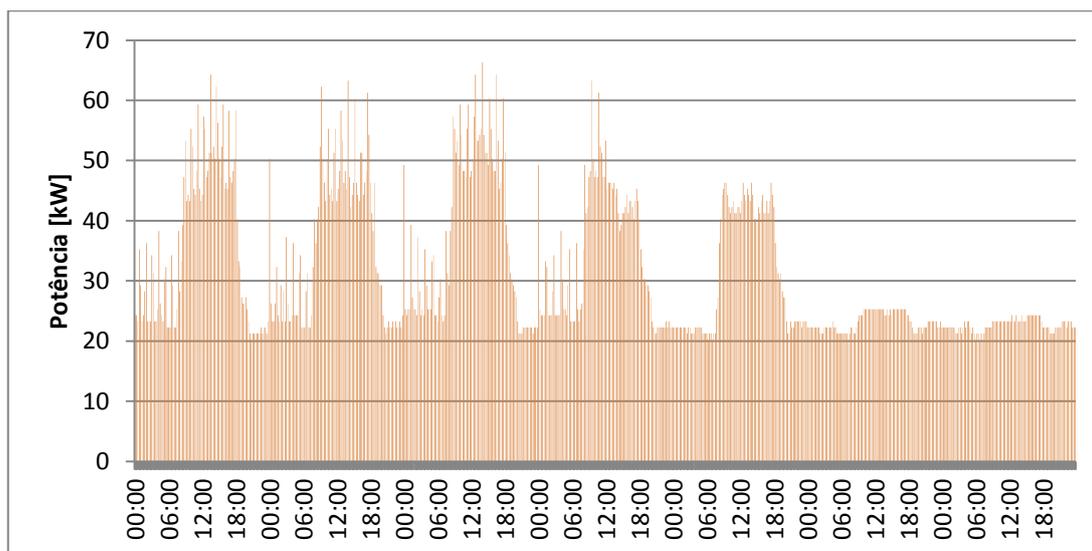


Gráfico 40 - DSC da semana de 19 a 25 de Maio na UCP

Tabela 13 - Índices energéticos da UCP nas semanas de 7 a 13 de Abril e de 19 a 25 de Maio

UCP 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
7 a 13 de Abr	4606,95	49,28	17,26	27,42	93,48	0,56
19 a 25 de Mai	5331,49	66,30	20,26	31,74	80,42	0,48

O aumento da potência média pedida à rede em Maio, comparativamente a Abril (cerca de 15,8%), prende-se sobretudo com o facto de a UCP ser um edifício muito exposto ao sol, e o elevado número de janelas que possui implica que a climatização seja mais usada no Verão. Os picos de consumo registados em Maio devem-se a cargas que se ligam automaticamente, com controlo horário. A sazonalidade também não tem efeitos neste edifício.

A sazonalidade nos diversos departamentos é analisada mais à frente nesta dissertação. No entanto, ficamos com a ideia de que os efeitos da sazonalidade no Inverno se notam mais no DEEC, DEI, DEM e DEQ e que os efeitos da sazonalidade no Verão são mais perceptíveis no DEC e na UCP. No entanto, esta informação é obtida com base no ano lectivo 2013/2014, enquanto que a análise da sazonalidade feita mais à frente tem por base apenas o ano de 2013.

5.2. Semanas “atípicas”

Relativamente às semanas atípicas, por uma questão de sintetização da informação, optou-se por analisar mais em detalhe o comportamento apenas de alguns edifícios tipo, deixando os gráficos correspondentes aos restantes edifícios para o Anexo A. Os edifícios têm consumos semelhantes uns aos outros, pelo que a análise a fazer é a mesma. No Anexo A podem ainda ser consultadas as tabelas correspondentes aos índices energéticos de todos os edifícios nas semanas “atípicas”.

Começamos então por verificar o que se passa nos departamentos na semana de 23 a 29 de Dezembro, a primeira depois do término das aulas do 1º semestre, e que contempla os dias comemorativos da quadra Natalícia.

O gráfico 41 é referente ao DEC.

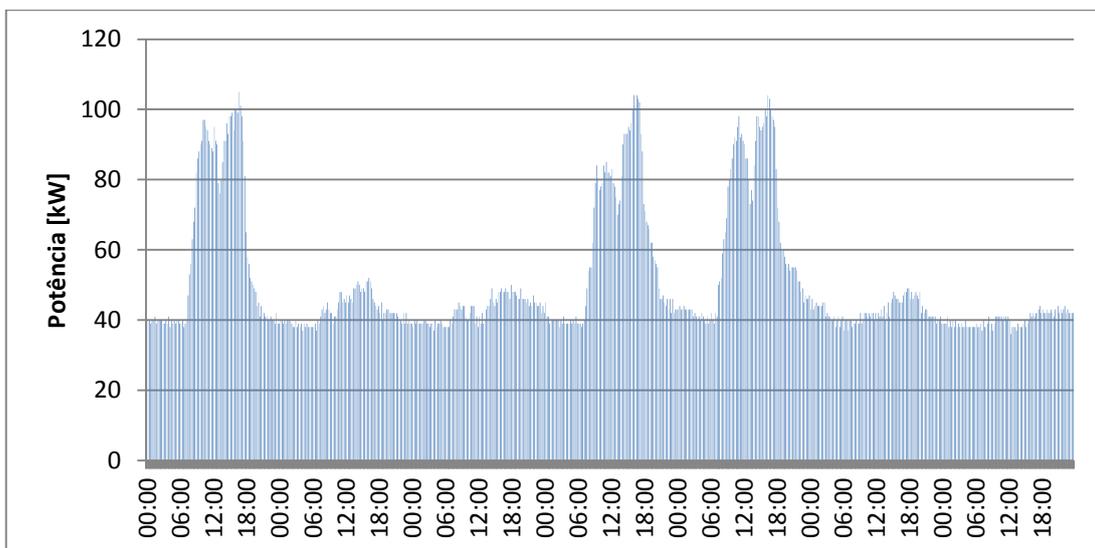


Gráfico 41 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEC

Podemos constatar que nos dias 24 e 25 de Dezembro o consumo é superior ao registado nas horas de vazio, o que indica que mesmo nestes dias festivos, o departamento foi frequentado por alunos ou docentes. Como seria de esperar, o consumo, no geral, é inferior ao registado nas semanas “típicas”, por se tratar de uma semana de pausa lectiva. O comportamento do DEEC, do DEM e do DEQ é semelhante a este.

O gráfico 42 mostra o comportamento dos consumos no DEI na mesma semana.

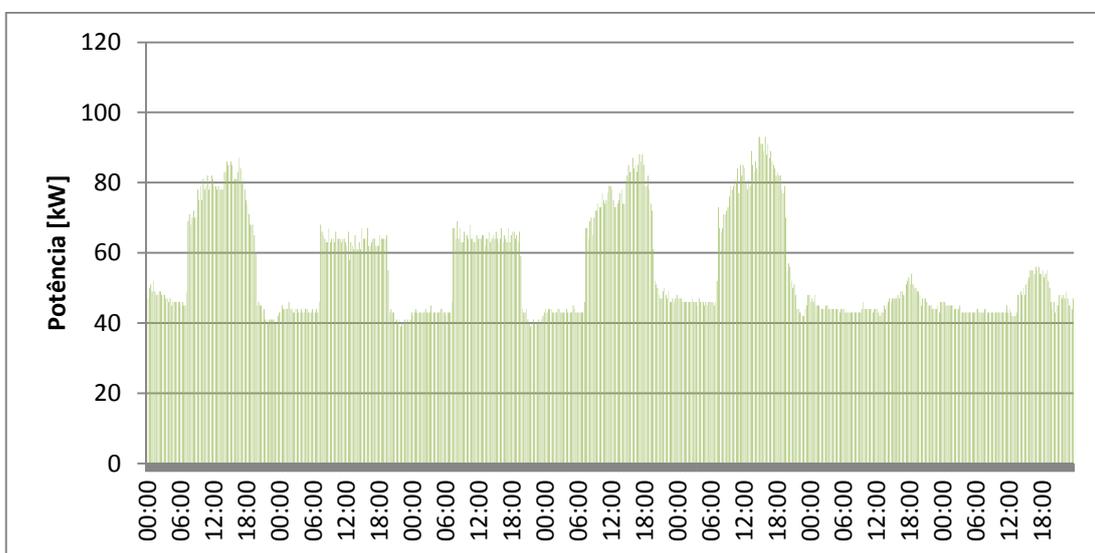


Gráfico 42 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEI

No DEI, o consumo na terça e na quarta-feira diminuiu, como seria de esperar, em relação aos restantes dias da semana, mas ainda assim os valores de potência pedida à rede são mais elevados em relação ao DEC, ao DEEC, ao DEM e ao DEQ. Este dado indica que este edifício também foi frequentado nos dias festivos mas que, muito provavelmente, houve equipamentos que ficaram ligados durante estes dias, como por exemplo servidores. O DSC da UCP tem um aspecto semelhante, ainda que o consumo tenha sido mais reduzido.

Quanto à semana de 6 a 12 de Janeiro, tomamos novamente como exemplo o DEC.

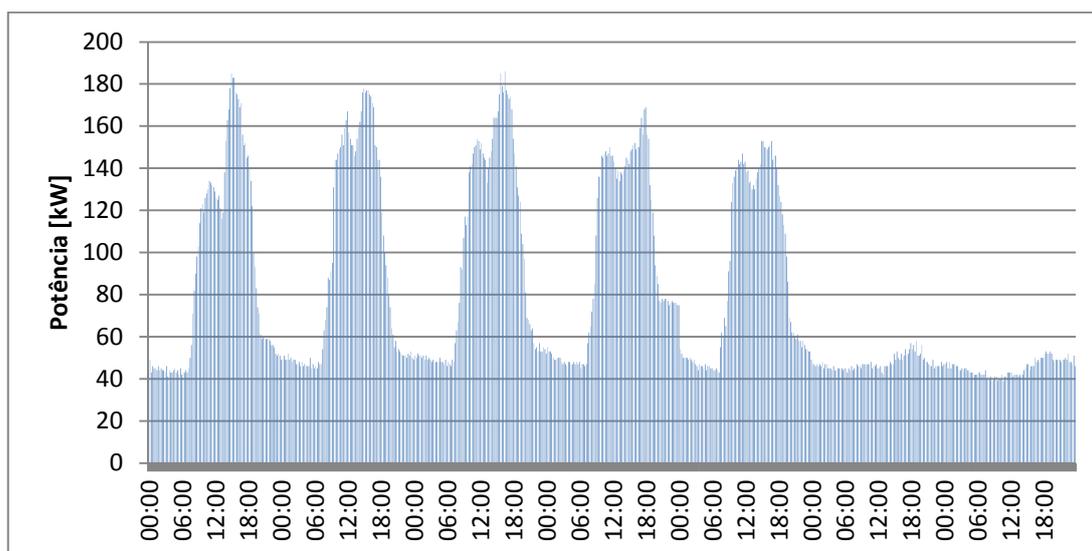


Gráfico 43 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEC

Nesta semana, e neste departamento em particular, o consumo é mais elevado comparativamente às semanas “típicas” por se tratar de uma semana de Inverno em que o sistema de climatização é muito utilizado. Por se tratar de uma semana de realização de exames e de preparação para outros, o consumo não varia muito de dia para dia, o que significa que os alunos frequentam o departamento para estudar. O comportamento dos outros edifícios é semelhante a este. No entanto, importa olhar para o que se passa no DEI, através do gráfico 44.c

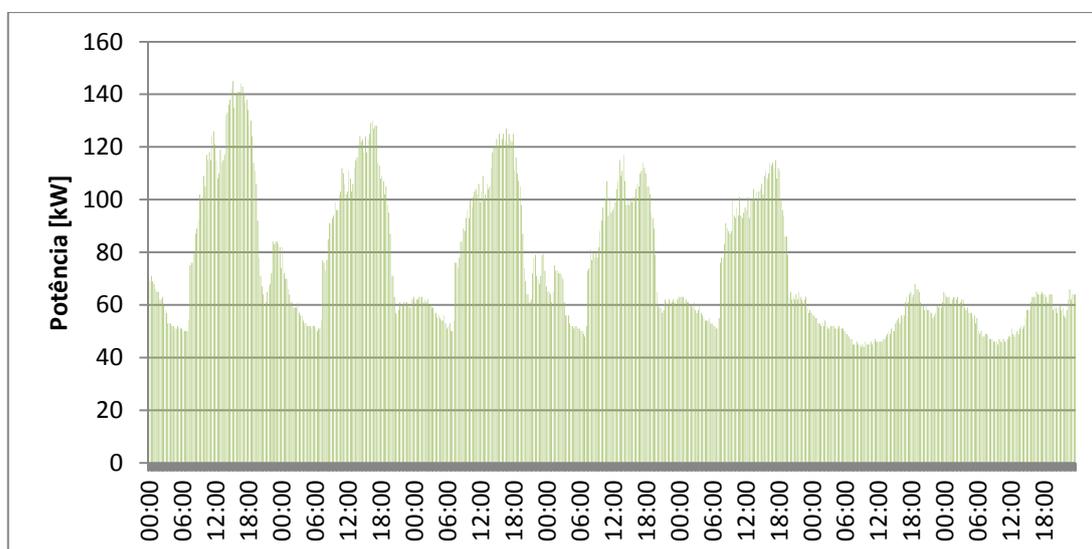


Gráfico 44 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEI

Neste departamento regista-se um consumo nas horas de vazio mais elevado em comparação aos restantes edifícios. Este é um indicador de que os alunos preferem utilizar o edifício de noite para estudar. Pode também indicar que alguns equipamentos ficam ligados durante a noite, propositadamente (como por exemplo computadores e servidores a processar dados) ou acidentalmente (por exemplo equipamentos de climatização).

Segue-se a análise à semana de 14 a 20 de Abril, que coincide com a pausa lectiva para as férias da Páscoa. Utiliza-se agora o DEEC como exemplo.

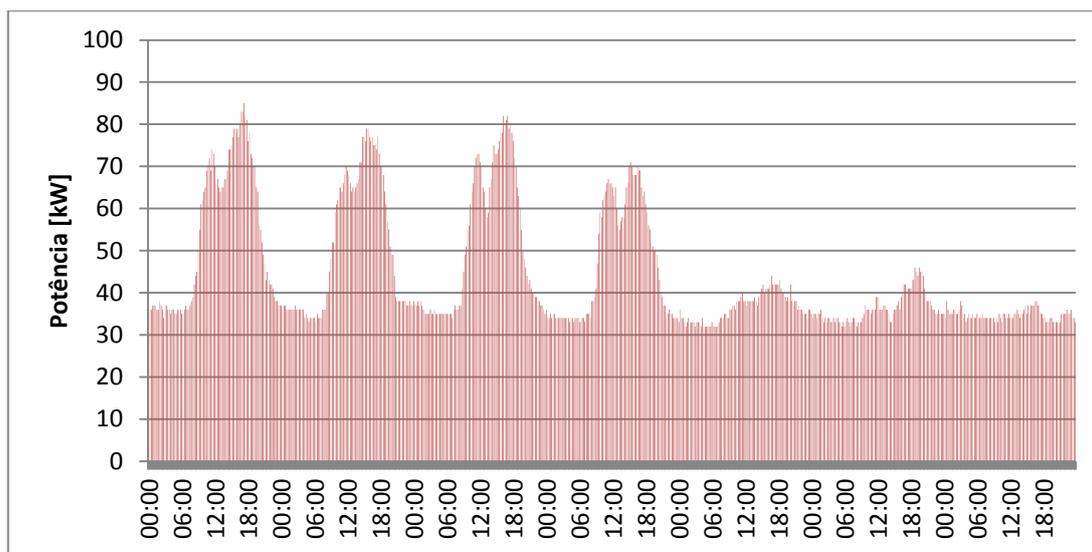


Gráfico 45 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEEC

No DEEC, e à semelhança do que se passa também no DEC, DEM e DEQ (ver Anexo A), a potência pedida à rede sofre uma redução na parte final da semana devido às festividades relacionadas com a Páscoa, altura em que os departamentos são menos frequentados. No entanto, regista-se também uma diminuição do consumo na quinta-feira, o que pode ser explicado pelo facto de alguns alunos que residem fora de Coimbra terem ido passar esta época nas suas localidades de origem, o que resulta numa menor utilização dos edifícios. No DEI e na UCP, apesar de se registar uma diminuição no consumo nos três últimos dias da semana, regista-se ainda um consumo considerável na sexta-feira, o que muito provavelmente se deve à existência de cargas controladas com programação horária simples que não tem em conta a existência de feriados. Assim, podemos estar perante um caso de equipamentos que ficaram ligados desnecessariamente, como mostra o gráfico 46.

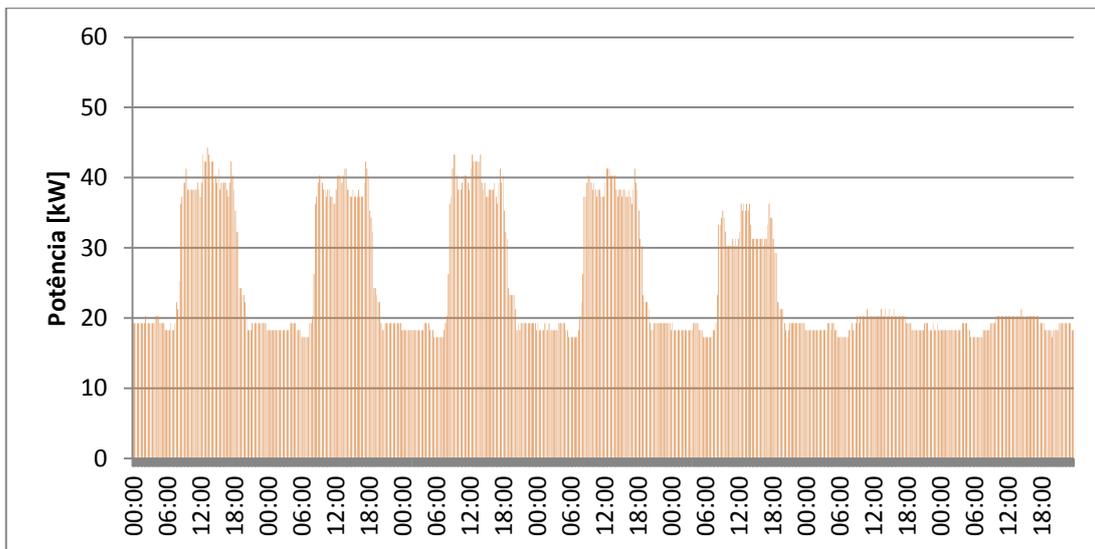


Gráfico 46 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril na UCP

Por fim falta analisar o comportamento energético dos edifícios na semana de 9 a 15 de Junho, a primeira semana de exames do 2º semestre. Tomemos o DEM como exemplo.

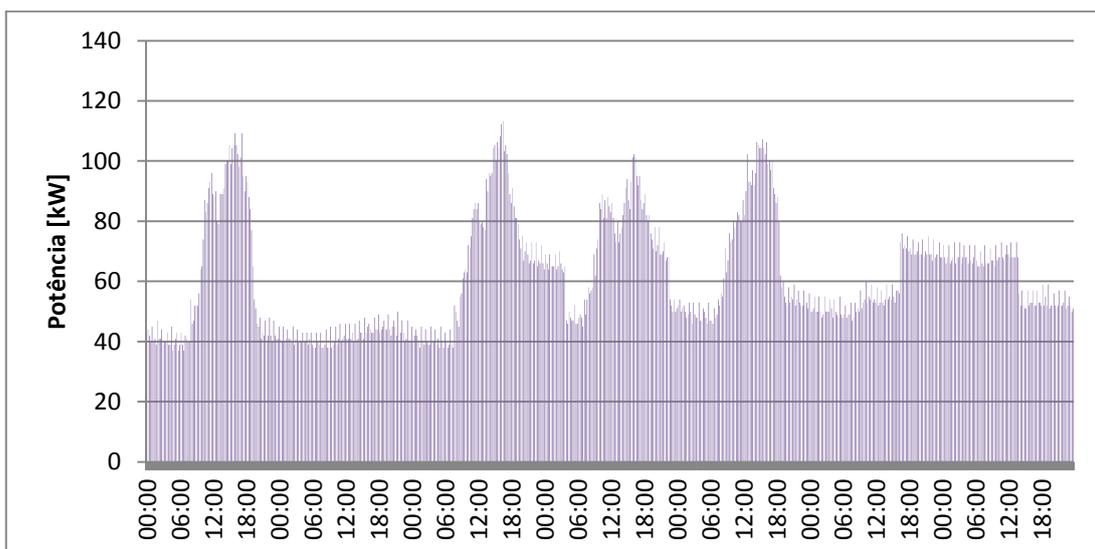


Gráfico 47 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEM

Neste departamento, o consumo no dia 10 de Junho foi inferior aos restantes dias, como seria de esperar por se tratar de um feriado em que os edifícios são menos frequentados. Os outros edifícios, à excepção da UCP, seguem um comportamento semelhante, ainda que no DEI o consumo no mesmo dia 10 não tenha diminuído muito, o que indica que o departamento foi frequentado com regularidade durante a semana. Mas ainda relativamente ao DEM, o consumo entre sábado e domingo, sobretudo em horas de vazio, atinge valores consideráveis, o que demonstra que alguns alunos utilizaram as instalações para estudar para os exames do 2º semestre.

Como já foi referido, a UCP apresenta um comportamento diferente nesta semana, como se percebe facilmente pelo gráfico 48.

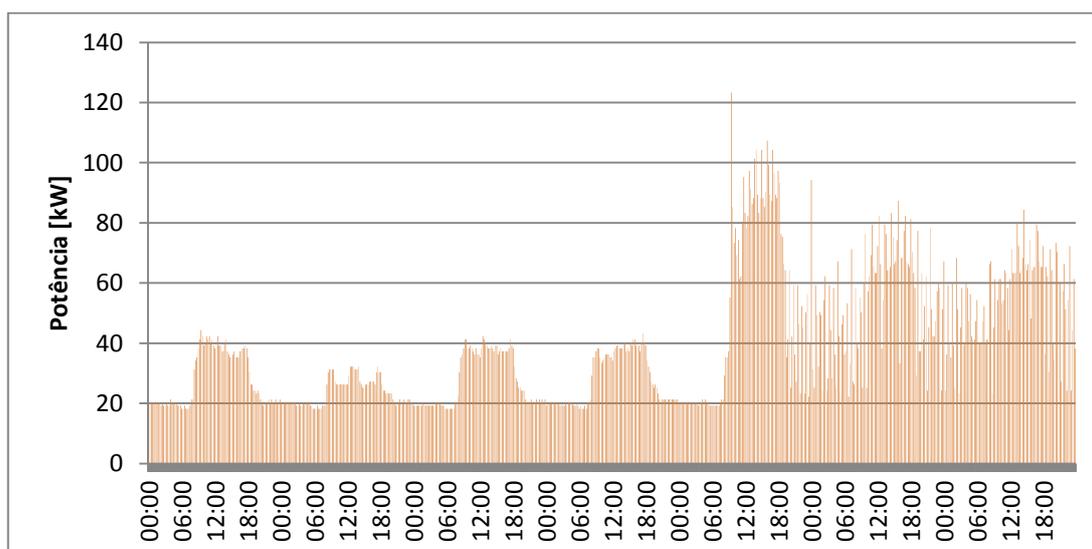


Gráfico 48 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho na UCP

Neste edifício, registou-se uma subida anormal da potência pedida à rede durante o fim-de-semana, com alguns picos de consumo também registados durante as horas de vazio. É um indício de que existem cargas que se ligam automaticamente e que eventualmente ficaram equipamentos ligados inadvertidamente durante o fim-de-semana. Devido à já referida fase de transição deste edifício, este poderá ser um indício de que no fim de semana a UCP foi frequentada para efectuar mais alguns passos na transição de material para o Pólo I, evitando assim que o normal funcionamento dos serviços durante a semana fosse afectado.

5.3. Sazonalidade

Nesta secção são apresentados os gráficos que representam a sazonalidade dos consumos de energia eléctrica dos vários edifícios do Pólo II durante o ano de 2013. Esta informação vem completar aquela já analisada nas duas secções anteriores. É de referir que o conhecimento da sazonalidade dos edifícios é de extrema importância na gestão dos consumos e é um factor impulsionador de uma gestão racional da energia eléctrica.

Antes de começar com a análise, importa referir que os gráficos seguintes foram obtidos através da expressão 7, cujos valores surgem no eixo das ordenadas,

$$\frac{\sum(\bar{E}_{sem.} - \bar{E}_{Sem.Anual})}{MÁX(\bar{E}_{sem.} - \bar{E}_{Sem.Anual})} \quad (7)$$

onde $\bar{E}_{sem.}$ é a média do consumo semanal e $\bar{E}_{Sem.Anual}$ é a média do consumo semanal anual.

Começemos então pelo gráfico 49, que mostra a sazonalidade do DEC.

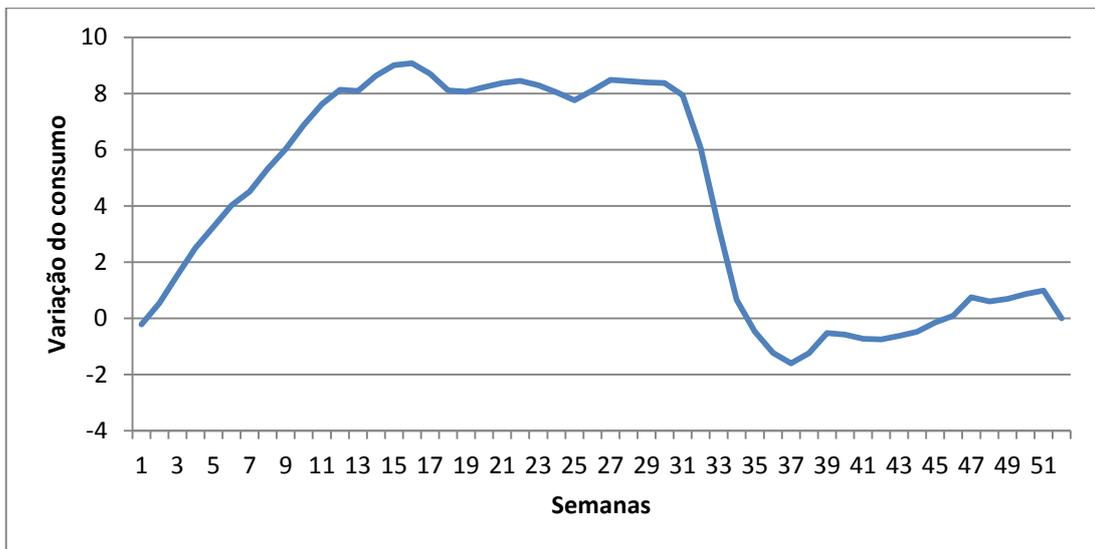


Gráfico 49 - Sazonalidade dos consumos do DEC em 2013

Como tinha ficado implícito anteriormente, a sazonalidade deste departamento está mais vincada nas semanas de verão, sobretudo durante o mês de Agosto, em que há um decréscimo bastante acentuado do consumo energético, visto que neste mês o departamento praticamente não é frequentado. Embora entre a primeira e a 15ª semana do ano o consumo seja superior à média, ou seja é um período do ano em que o consumo é mais elevado, a partir daí até ao período de verão o consumo estabiliza em valores próximos da média.

Quanto ao DEEC, o comportamento sazonal é o seguinte.

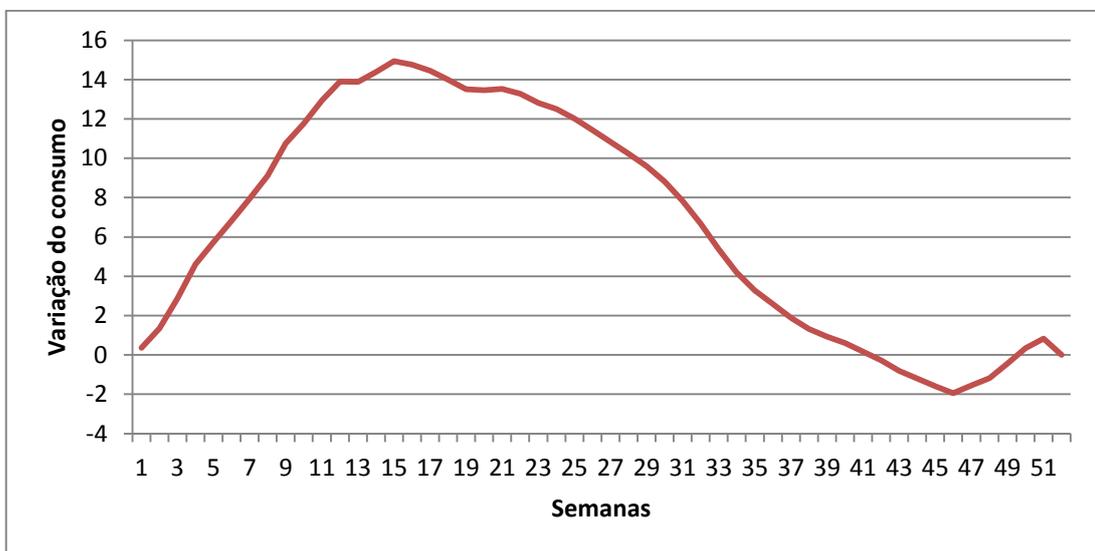


Gráfico 50 - Sazonalidade dos consumos do DEEC em 2013

No DEEC os efeitos da sazonalidade fazem-se sentir mais no Inverno, sobretudo nas 13 primeiras semanas do ano, que correspondem aos meses de Janeiro, Fevereiro e Março. Este é um departamento muito frequentado pelo que este comportamento se justifica com a já abordada utilização dos equipamentos eléctricos de climatização. Os equipamentos de aquecimento central

têm tido alguns problemas de funcionamento pelo que os utilizadores recorrem a equipamentos portáteis que muitas vezes, por esquecimento, ficam ligados.

No DEI, o comportamento é semelhante ao DEEC, pelo que a análise a fazer é praticamente semelhante. O gráfico seguinte demonstra isso mesmo.

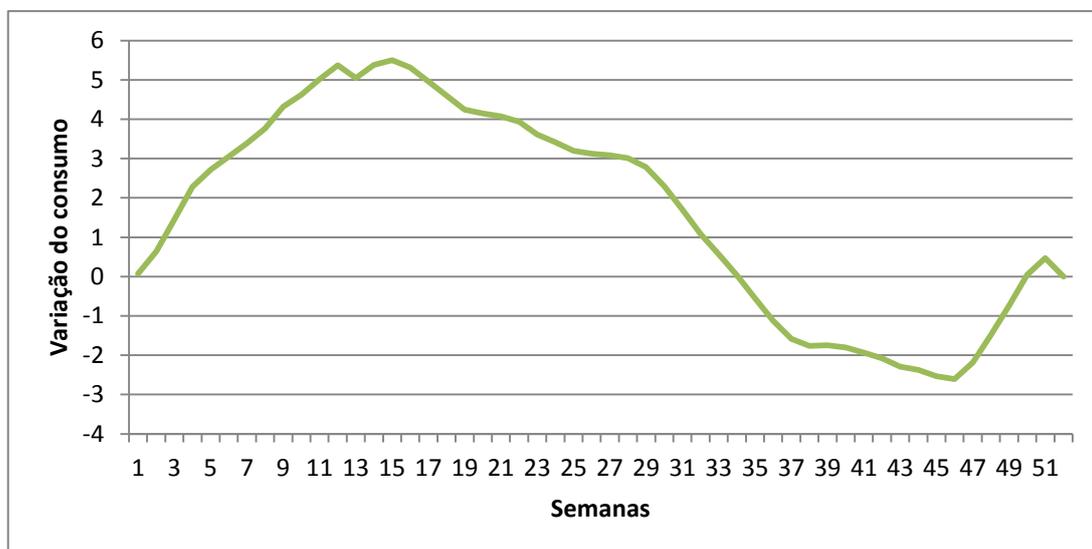


Gráfico 51 - Sazonalidade dos consumos do DEI em 2013

Já no DEM, os efeitos da sazonalidade são mais curiosos. Veja-se o gráfico 52.

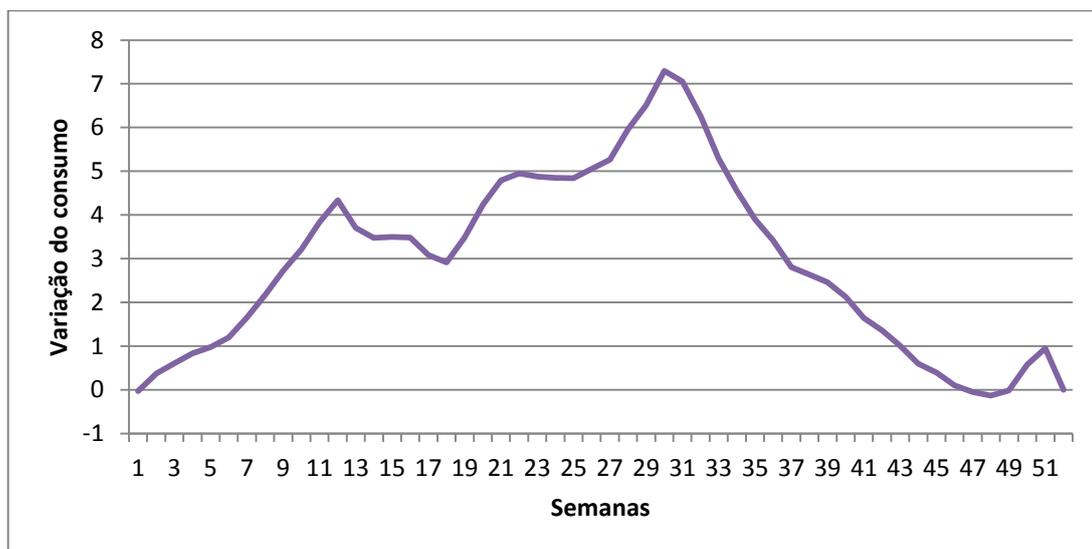


Gráfico 52 - Sazonalidade dos consumos do DEM em 2013

Neste edifício, os efeitos da sazonalidade são diferentes dos restantes edifícios. No final do verão e nas semanas de meia estação o consumo diminui devido à pouca utilização dos sistemas de climatização mas no início da época de calor o consumo dispara, visto que o DEM é um edifício que possui equipamentos de ar condicionado nos locais mais frequentados, ao contrário do que acontece nos restantes departamentos. Nas primeiras semanas do ano recorre-se à climatização a gás, pelo que os consumo aumenta de forma mais suave.

A sazonalidade no DEQ está demonstrada no gráfico 53.

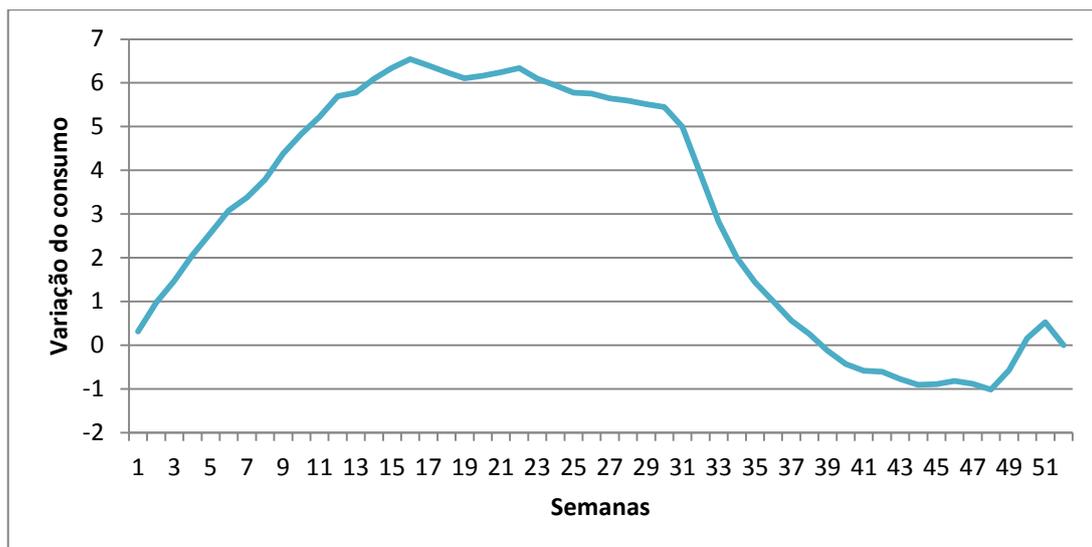


Gráfico 53 - Sazonalidade dos consumos do DEQ em 2013

Os efeitos fazem-se sentir mais nas semanas de Inverno e de meia estação. No Verão os consumos diminuem, começando a aumentar nas últimas semanas do ano.

Para finalizar, o gráfico 54 mostra os efeitos da sazonalidade na UCP.

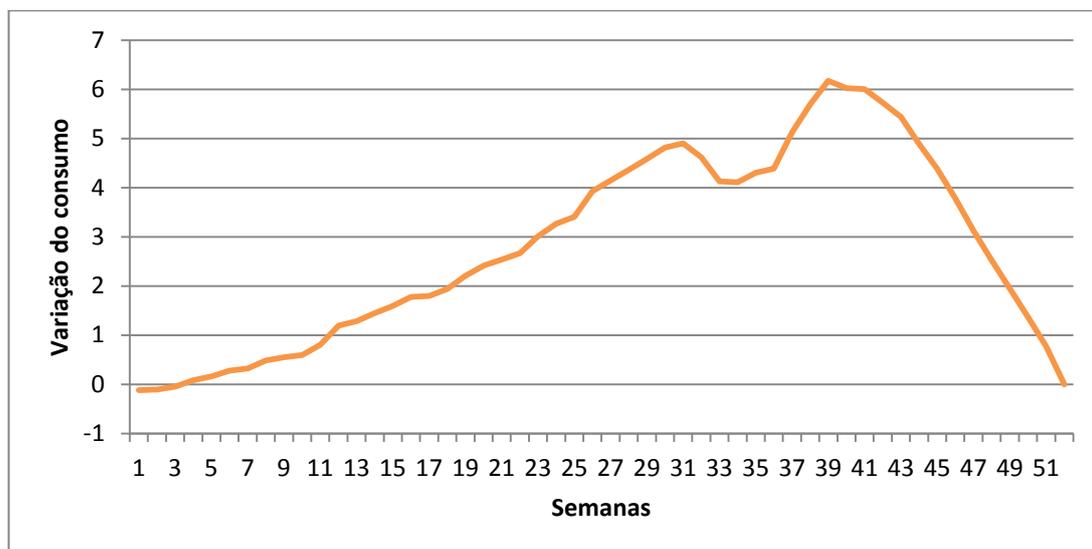


Gráfico 54 - Sazonalidade dos consumos da UCP em 2013

Ao contrário do que a informação presente no capítulo anterior tinha deixado transparecer, os efeitos da sazonalidade neste edifício notam-se mais nas semanas finais do ano, entre Outubro e Dezembro. Na primeira metade do ano os consumos foram aumentando mas em Agosto voltaram a descer, visto que em período de pausa lectiva este edifício é menos utilizado. No início do novo ano lectivo os consumos voltaram a aumentar. Nunca é demais relembrar a fase

transitória pela qual este edifício está a passar, com a transferência de alguns dos serviços administrativos para o Pólo I, que justifica este comportamento.

O gráfico 55 mostra a informação anterior concentrada para se poder comparar mais facilmente os efeitos da sazonalidade nos vários edifícios.

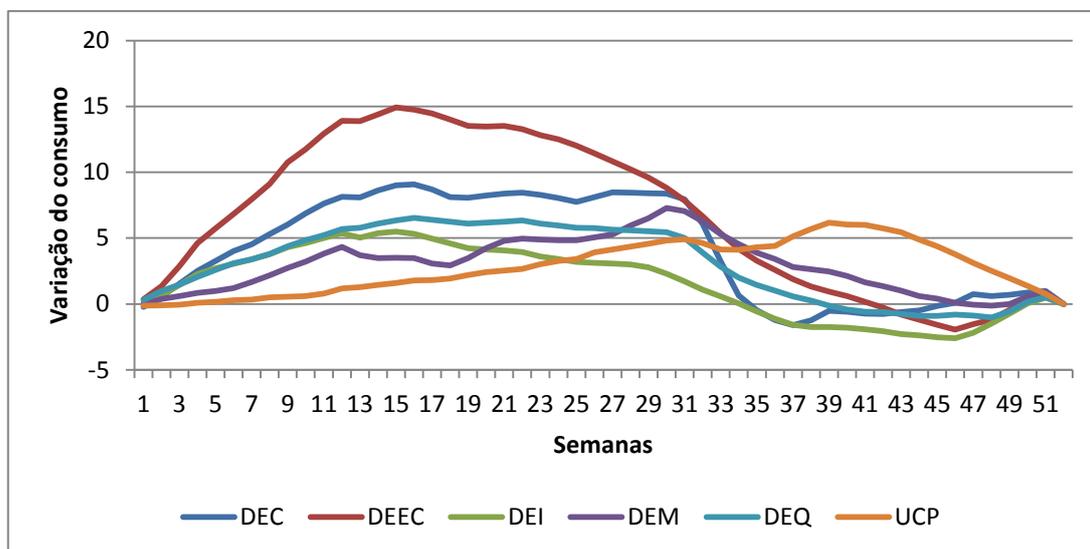


Gráfico 55 - Sazonalidade dos consumos em todos os edifícios do Pólo II

É notório que o comportamento sazonal da UCP é diferente dos restantes edifícios, visto que as funções a que se destina são manifestamente diferentes.

Os departamentos que recebem aulas têm comportamentos sazonais muito parecidos, sendo que o que se destaca mais é o DEC, pelo facto dos consumos em Agosto decaírem abruptamente, ao contrário do que acontece nos outros departamentos. No DEEC, o elevado número de alunos que utiliza as instalações e algumas avarias no sistema de climatização, como já foi referido na secção anterior, justificam os consumos elevados na primeira metade do ano. Como já foi referido anteriormente, o comportamento do DEM é bem diferente dos restantes casos devido ao tipo de construção do edifício e ao tipo de climatização utilizada.

Esta análise da sazonalidade é uma das ferramentas a incluir num sistema de monitorização de consumos. Tendo acesso a um histórico de anos anteriores, é interessante poder ter-se uma percepção do comportamento tipo de determinado edifício em determinado período do ano e assim adoptar estratégias de controlo dos consumos e de sensibilização dos utentes para a importância da redução dos mesmos, como por exemplo alertar para não se deixarem equipamentos de climatização ligados em período de não ocupação (noite e fins-de-semana). É por demais evidente que a sazonalidade é influenciada pelas características construtivas do edifício e pelo meio em que este está inserido, mas cabe também aos utilizadores alterar o paradigma e fazer com que os efeitos sejam atenuados.

Assim, tem todo o interesse inserir num sistema de monitorização uma ferramenta que permita, em tempo real, comparar a sazonalidade do ano corrente com a de anos anteriores para detectar algum comportamento fora do comum.

5.4. Consumo em horas de vazio

Com o objectivo de perceber a forma como a energia eléctrica é consumida durante os períodos horários de Vazio Normal e de Super Vazio, que corresponde ao período do dia entre a meia-noite e as 7h da manhã, é necessário analisar o gráfico 56, que mostra a evolução desse consumo em cada um dos edifícios do Pólo II ao longo do ano de 2013. Este gráfico foi obtido através do cálculo da média deslizante do consumo semanal de cada departamento. É interessante também voltar a relembrar os valores percentuais do consumo em períodos de vazio, apresentados no capítulo 3 e olhar para os valores máximo e mínimo das séries representadas no gráfico 56.

Tabela 14 - Percentagem de CPV, mínimo e máximo consumo médio semanal

	DEC	DEEC	DEI	DEM	DEQ	UCP
CPV (%)	19,25	20,25	22,31	21,40	18,94	19,97
Mín. semanal (kW)	17,94	34,53	43,17	31,05	16,32	17,49
Máx. semanal (kW)	55,99	63,51	59,19	56,85	31,28	34,76

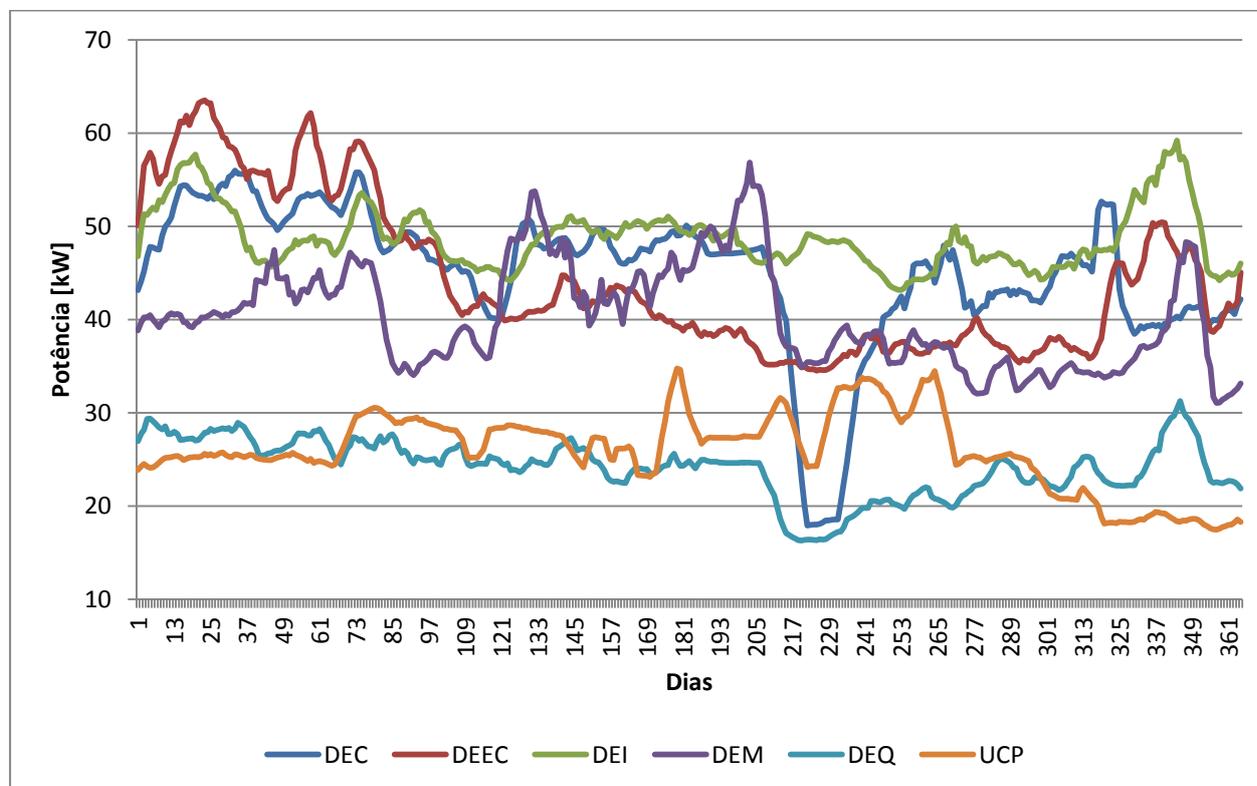


Gráfico 56 - Evolução dos consumos em horas de vazio (em 2013)

Neste período do dia os edifícios são considerados como não estando a funcionar, de modo que os consumos são referentes, em geral, a consumo fixo que permanece ligado 24 horas por dia (por exemplo servidores) ou referentes a desperdício de consumo correspondente a equipamentos que permanecem ligados por descuido (por exemplo aquecimento).

Verifica-se que o DEQ e a UCP são os edifícios que registam o consumo mais reduzido, fruto de serem os edifícios menos frequentados, em que a possibilidade de algum equipamento de climatização ficar desnecessariamente ligado durante a noite é mais reduzida. No entanto, a UCP apresenta uma percentagem de consumo em períodos de vazio considerável, o que indica que existe a probabilidade de existirem consumos desnecessários. Em geral o consumo em horas de vazio no DEQ é inferior àquele registado na UCP, excepto nos meses de Verão, em que a UCP é mais frequentada por se tratar de um edifício de serviços e o DEQ deixou de o ser devido à pausa lectiva. Dos restantes departamentos, o DEM é o que apresenta o consumo nocturno mais baixo, sendo no entanto de registar alguns picos no início da época de Verão, que podem resultar da utilização indevida de equipamentos de climatização (apresenta o segundo maior valor de CPV). No DEC há a registar um decréscimo acentuado do consumo durante o mês de Agosto, em que o edifício é pouco frequentado. Quanto ao DEEC, é por tradição um edifício onde o consumo nocturno é considerável visto que muitos equipamentos ficam ligados propositadamente durante a noite, como por exemplo computadores a processar dados nos laboratórios de investigação. São notórios valores mais elevados nos meses de Inverno devido sobretudo aos equipamentos eléctricos de climatização que ficam ligados durante a noite. E esse consumo nota-se muito mais durante o período lectivo. O DEI é o departamento em que o consumo é superior aos restantes durante a maior parte do ano, excepto nos três primeiros meses. Este departamento apresenta o maior valor de percentagem de consumo em períodos de vazio, visto que muitos equipamentos ficam ligados durante a noite, muitos deles propositadamente (computadores e servidores), por isso esta percentagem de consumo em períodos de vazio não representa necessariamente um desperdício elevado de energia eléctrica.

De uma forma geral, podemos também perceber que a tendência é que o consumo supérfluo diminua, uma vez que têm aumentado os alertas para a importância dessa diminuição e têm surgido cada vez mais metodologias para o reduzir. O gráfico seguinte representa a soma dos contributos de todos os edifícios e permite verificar a importância que os consumos nocturnos têm no Pólo II. Em geral, a potência pedida à rede supera os 200 kW.

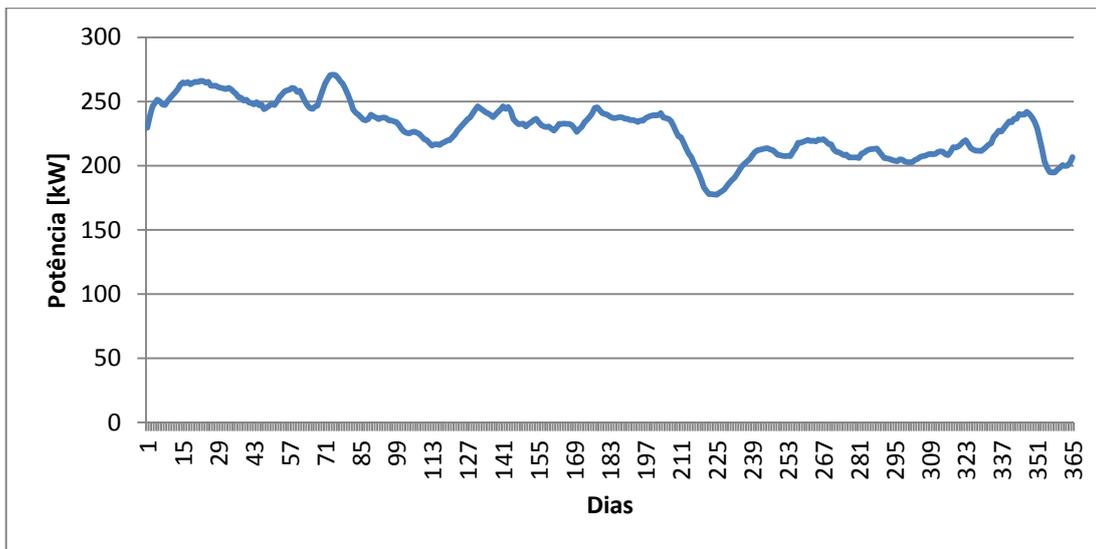


Gráfico 57 – Consumo global do Pólo II em períodos de vazio

Uma das funcionalidade do sistema de monitorização apresentado no capítulo seguinte é a de apresentar graficamente o consumo em tempo real e a criação de históricos de consumo, que permitem que os utilizadores tenham noção da quantidade de energia consumida em períodos de vazio e tomem consciência de que podem ser adoptadas medidas para a reduzir.

6. Sistema de monitorização do DEEC

O sistema de monitorização de consumos do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores sofreu, com o decorrer deste trabalho, algumas alterações que passaram pela substituição de equipamentos e pela reactivação da monitorização dos consumos de água e gás deste edifício. Neste capítulo da dissertação são apresentados os equipamentos actualmente em funcionamento, as especificações relacionadas com o seu funcionamento e a forma como estes se encontram ligados.

6.1. Equipamentos instalados

O Zelio Logic SR3B261BD, que é um relé inteligente modular compacto (mini-autómato) desenvolvido pela empresa Schneider Electric (figura 3). Possui 16 entradas e 10 saídas a relé. Este módulo lógico pode ainda receber extensões com mais 6, 10 ou 14 entradas/saídas. O equipamento pode ser programado de forma independente, utilizando os botões do módulo lógico (linguagem Ladder) ou através de um computador, utilizando o *software* “Zelio Soft 2”. Ao utilizar o computador, a programação pode ser realizada em linguagem Ladder ou em diagrama de blocos de funções (FDB).



Figura 3 - Zelio Logic SR3B261BD

O Zelio Logic possui um módulo extensão que permite efectuar a comunicação com uma base de dados onde são armazenados os dados recolhidos na monitorização, o SR3NET01BD (Figura 4). Este módulo é uma interface de comunicação que utiliza o protocolo Ethernet e possui uma porta de comunicação 10/100BASE-T. A conexão eléctrica é feita por um conector RJ45 e possui ainda dois leds, um que identifica o estado de ligação e outro que identifica que a comunicação foi efectuada com êxito. O módulo Ethernet é programado em linguagem FDB através do *software* “Zelio Soft 2”.



Figura 4 - Módulo Ethernet SR3NET01BD

Existe ainda um outro componente, o ABL7RM24025 (Figura 5), que é uma fonte de alimentação para o módulo lógico apresentado acima. Suporta uma tensão de entrada de 200 a 240V AC e disponibiliza uma tensão de saída de 24V DC, com uma corrente de 2.5A. tem uma potência nominal de 60W.



Figura 5 - Módulo ABL7RM24025

O módulo lógico apresentado recebe os impulsos enviados pelo contador de energia trifásico, da marca Carlo Gavazzi, modelo EM21 72D (Figura 6), que é o equipamento adequado para medir tanto energia activa como energia reactiva. As medições de correntes são feitas indirectamente através de transformadores de corrente externos enquanto que a tensão é medida de forma directa. Este contador possui uma saída de pulsos para a retransmissão de energia activa (ver secção 6.2) e tem um display LCD removível.



Figura 6 - Contador de energia trifásico

Encontram-se ainda instalados transformadores de corrente (com razões de transformação distintas) e dispositivos de protecção porta fusíveis.

6.2 Ligações efectuadas

Nesta secção são apresentadas as ligações efectuadas neste sistema de monitorização, as grandezas monitorizadas (e a respectiva entrada do módulo lógico a que estão associadas) e as especificações de programação dos contadores de energia trifásicos. A informação é apresentada em tabelas de forma sintetizada, para facilitar a consulta.

O sistema de monitorização do DEEC, tem dois Zelios que fazem a concentração das contagens em dois pontos do edifício, recebendo os impulsos enviados pelos diversos contadores instalados. Um na Torre B e outro na Garagem. A Figura 7 mostra o esquema de ligações do contador ao Zelio Logic e ajuda a perceber a forma de funcionamento deste sistema.

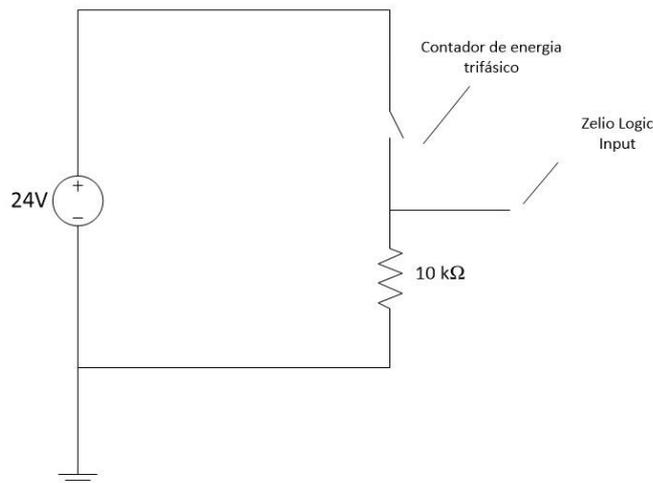


Figura 7 - Esquema de ligações da montagem

O contador de energia trifásico possui uma saída estática com Opto-Mosfet (Figura 8), que emite pulsos programáveis de 0,01 a 9,99 kWh por impulso. Esta saída estática é alimentada e quando está activa (circuito da Figura 7 está fechado) existe uma tensão de 24 V na entrada do Zelio Logic. Quando a saída está inactiva (circuito aberto), ficam 0 V na entrada do Zelio (ver Figura 9). A resistência de 10 kΩ é ligada em série com a entrada do Zelio para permitir a leitura dos pulsos emitidos e para controlar a corrente que circula no circuito, de modo a que esta não seja mais elevada do que o valor máximo que o equipamento suporta.

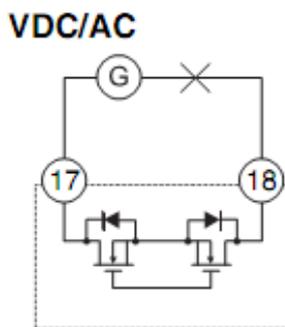


Figura 8 - Saída estática do contador

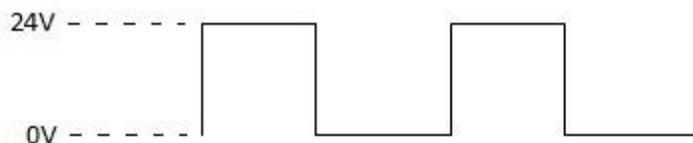


Figura 9 - Amplitude dos impulsos

As tabelas que se seguem detalham as grandezas monitorizadas, a entrada do módulo lógico à qual o contador respectivo está ligado, e ainda as especificações de programação de cada contador.

Tabela 15 - Especificações do sistema instalado na Torre B do DEEC

Sistema instalado na Torre B			
Grandeza monitorizada	Canal Zelio	Contador de energia	
		Current Ratio	Pulse Value
Electricidade Bar	1	8	0,1 kWh
Electricidade Torre B	2	20	0,1 kWh
Água Torre B + Anfiteatros	3	-	25 l
Água Bar	4	-	25 l

Tabela 16 - Especificações do sistema instalado na Garagem do DEEC

Sistema instalado na Garagem			
Grandeza monitorizada	Canal Zelio	Contador de energia	
		Current Ratio	Pulse Value
Água Geral (excepto Bar)	1	-	25 l
Quadro Geral Baixa Tensão	2	200	0,1 kWh
Electricidade Datacenter	3	20	0,01 kWh
Electricidade Anfiteatros	4	20	0,01 kWh
Electricidade Torre R	5	50	0,01 kWh
Electricidade Torre S	6	50	0,01 kWh

6.3 Interligação dos dados recolhidos com a base de dados

Os dados recolhidos durante a monitorização são enviados do módulo lógico para um computador local, através do protocolo de comunicação Ethernet, onde são armazenados numa base de dados. Estes dados são acedidos e processados através da plataforma MeWaGo (Measurement of Electricity, Water, Gas & Others), desenvolvida pela empresa Streamline. Esta aplicação permite visualizar os consumos em tempo real através da internet, ou através de monitores instalados em vários locais do departamento. Esta consulta permite aos utilizadores das instalações perceberem o quanto se está a consumir e o objectivo é sensibilizá-los para a importância da redução do consumo. Na secção seguinte são apresentadas algumas funcionalidades da aplicação que são devidamente ilustradas com exemplos da informação que esta pode fornecer aos utilizadores do edifício.

6.4 Funcionalidades

O sistema de monitorização que está em funcionamento no DEEC tem a designação MeWaGo e recebe os dados recolhidos pelos equipamentos de monitorização já descritos. Este sistema disponibiliza variadas informações em forma de gráficos, que podem ser consultados na internet ou visualizados nos ecrãs instalados no departamento (Bar e Hall de entrada do Piso 2).

Actualmente, os utilizadores podem consultar em tempo real a potência pedida à rede pela instalação. Esta informação é mostrada graficamente, através de um diagrama de carga com uma janela temporal que apresenta a evolução da potência instantânea ao longo das últimas 24 horas, desagregada pelas várias torres do edifício, como documenta a figura 10.

Potência nas últimas 24h

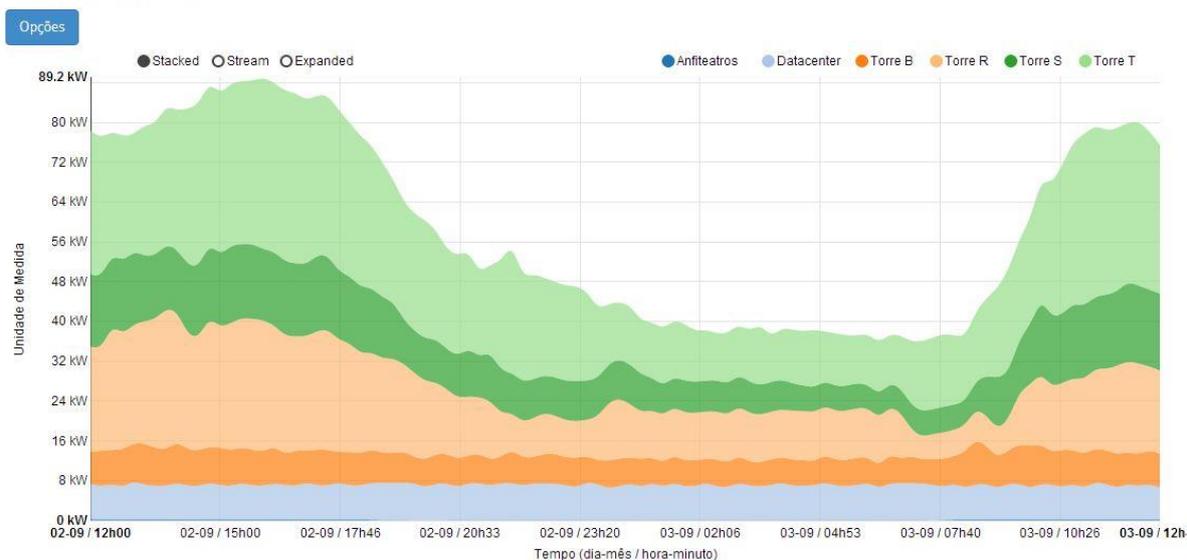


Figura 10 - Potência nas últimas 24 horas

A taxa de utilização nas últimas 24 horas de cada ponto da instalação pode também ser consultada individualmente, como documenta a figura 11, que traz como exemplo a Torre do Bar.

Taxa de utilização nas últimas 24h

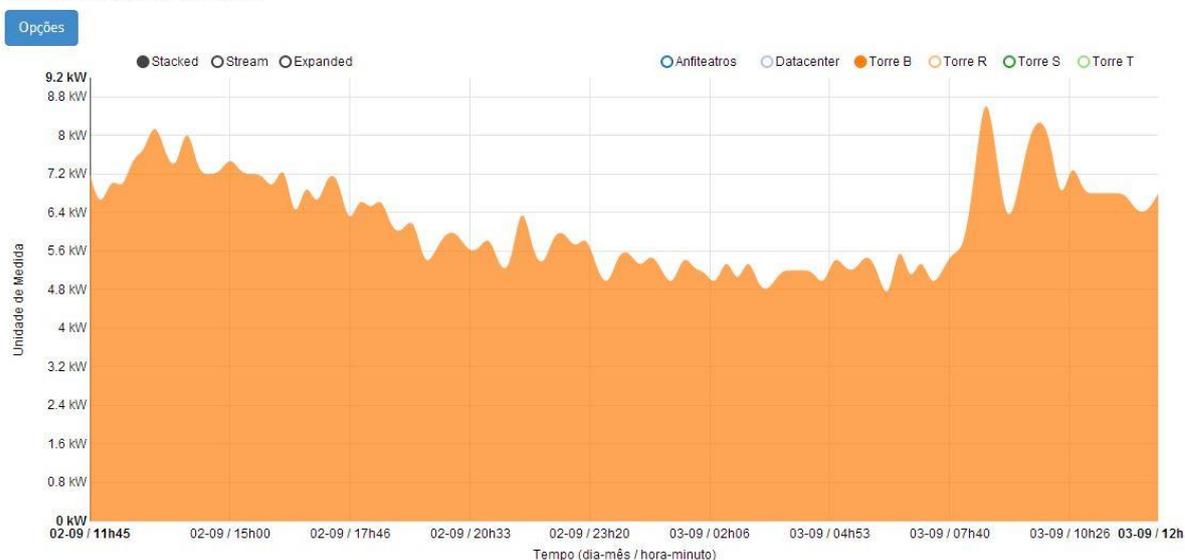


Figura 11 - Taxa de utilização nas últimas 24 horas (Torre B)

Existe ainda um grafismo em forma de velocímetro que apresenta o valor relativo da potência instantânea pedida à rede em relação à potência máxima verificada nos últimos 12 meses. Neste grafismo é ainda visível o consumo diário do edifício e o consumo total do dia anterior. É também apresentada a diferença de potência pedida à rede em relação à mesma hora do dia anterior.



Figura 12 - Potência actual pedida à rede e consumo diário

Além da potência pedida à rede, o consumo também pode ser consultado, seja de forma individualizada pelos vários pontos da instalação ou mesmo com a informação contida toda no mesmo gráfico, como mostra a figura 13. Neste exemplo, é feita a integração do consumo ao longo das últimas 24 horas.

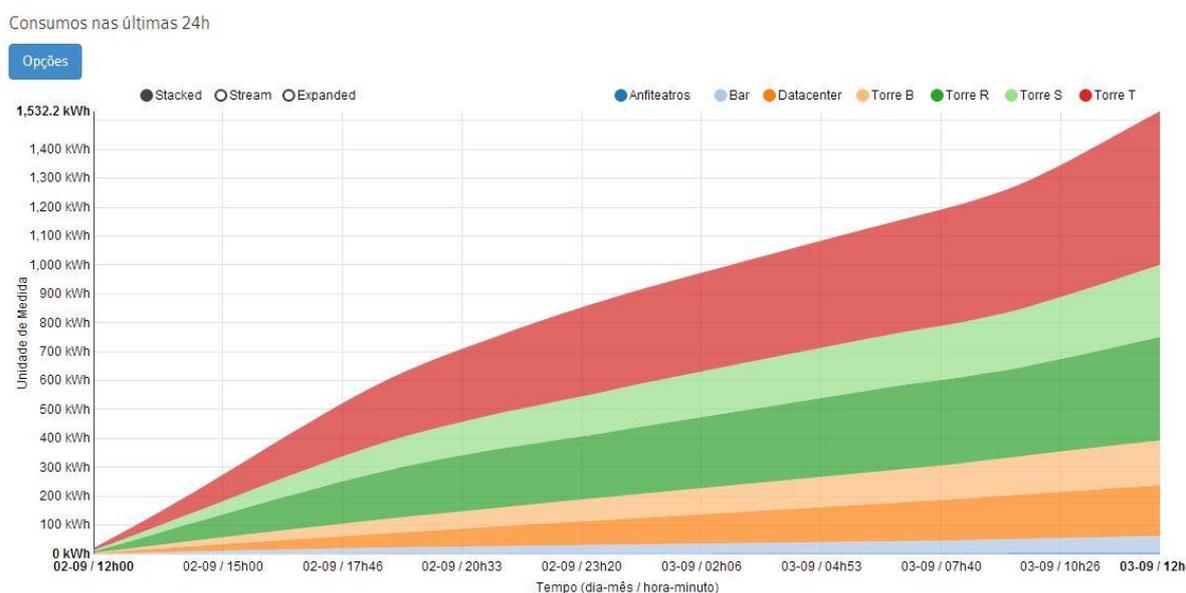


Figura 13 - Consumo nas últimas 24 horas

Por fim, depois da reactivação da monitorização do consumo de água, este também pode ser observado através do sistema MeWaGo, através de um gráfico com uma janela temporal deslizante de 24 horas. Veja-se a figura 14.

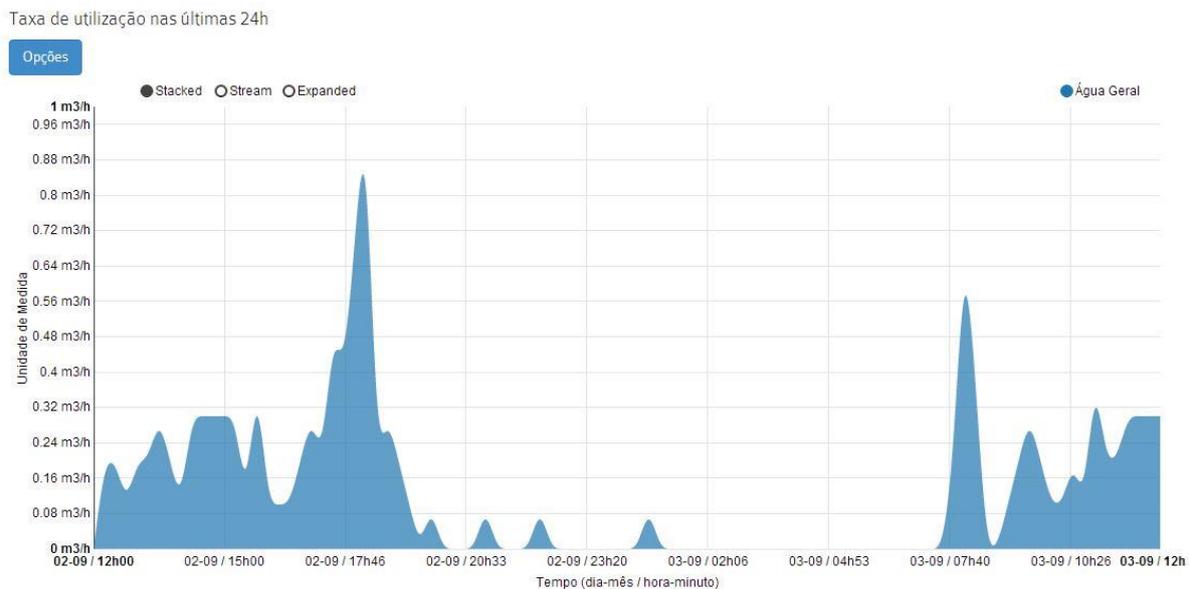


Figura 14 - Taxa de utilização de água nas últimas 24 horas

Para além de todas as informações ilustradas, é importante implementar no futuro outras ferramentas que permitam conhecer melhor o comportamento energético do edifício. Por exemplo, será interessante que no futuro o sistema disponibilize também a desagregação dos consumos por localização, isto é, que indique o contributo de cada parte da instalação para o consumo global do edifício, ou até que permita visualizar um DDC do departamento e comparar directamente o consumo com o dia homólogo da semana anterior. Também poderá ser útil visualizar o DSC da semana actual e compará-lo com a semana precedente.

Em suma, este é um sistema que permite a análise de informações úteis, como os valores instantâneos diários e os históricos de consumo, mas está em constante evolução para facilitar a identificação de consumos anormais e a adopção de métodos de eliminação desses mesmos consumos.

7. Conclusões

Este trabalho permitiu conhecer melhor o comportamento do Pólo II do ponto de vista do consumo de energia eléctrica e retirar algumas conclusões importantes. A saber: O DEC é o edifício onde se registou o maior consumo, enquanto que o DEQ é aquele em que o consumo é mais reduzido (inclusive é inferior à UCP). O DEC tem uma ponta muito elevada devido à existência de cargas de elevada potência e de baixo tempo de utilização. Foi possível também concluir que o DEEC, o DEI e o DEM são os edifícios onde o consumo em horas de vazio representa uma percentagem maior do consumo total do departamento em questão, o que permite concluir que estes edifícios são regularmente frequentados durante a noite e que possuem mais equipamentos ligados em permanência nesse período, uns por necessidade e outros por descuido dos utilizadores.

Foi possível ainda observar que o consumo no DEM tem sofrido um aumento considerável nos últimos tempos, ainda que não represente uma subida real do consumo. Esta é uma situação que teve origem num erro no sistema de contagem da EDP, entretanto corrigido em Outubro de 2012.

Como era de esperar, concluiu-se que a sazonalidade dos consumos nos diversos edifícios depende muito das suas características construtivas e sobretudo dos sistemas de climatização instalados, visto que todos os edifícios estão no mesmo ambiente e que pelo menos cinco deles têm as mesmas funcionalidades.

É de esperar ainda que as alterações no sistema de monitorização do DEEC tragam diversas vantagens, a começar pela redução dos consumos supérfluos, para que a energia eléctrica seja utilizada de uma forma cada vez mais sustentável.

Todo o trabalho de análise de dados realizado durante este tempo permite agora pensar em metodologias, além daquelas que já existem, para apresentar os dados recolhidos pelo sistema de monitorização e transformá-los em informação cada vez mais útil que possa contribuir ainda mais para a sensibilizar as pessoas para a enorme importância que a redução dos consumos tem nos dias de hoje.

Referências Bibliográficas

- [1] Sistemas de Monitorização de Energia, Galp Energia, [Online] <http://www.galpenenergia.com>
- [2] Tecnoveritas, [Online] <http://www.tecnoveritas.net/pt/monitorizacao-consumos-energia.php>
- [3] Faculdade de Ciências e Tecnologia da UC, [Online] www.uc.pt/fctuc/departamentos
- [4] Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, [Online] <http://www.erse.pt>
- [5] Schneider Electric, [Online] <http://www.schneider-electric.com>
- [6] MeWaGo, Streamline, [Online] <http://www.streamline.pt>
- [7] Telmo Alberto Ferreira António Dias (2013), Monitorização de Consumos no Campus Universitário – Pólo II, Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
- [8] Tiago José Prata Teixeira (2013), Sistema de Monitorização de Consumos no Edifício do DEEC, Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
- [9] Apontamentos da Disciplina Gestão de Energia Eléctrica,

Anexo

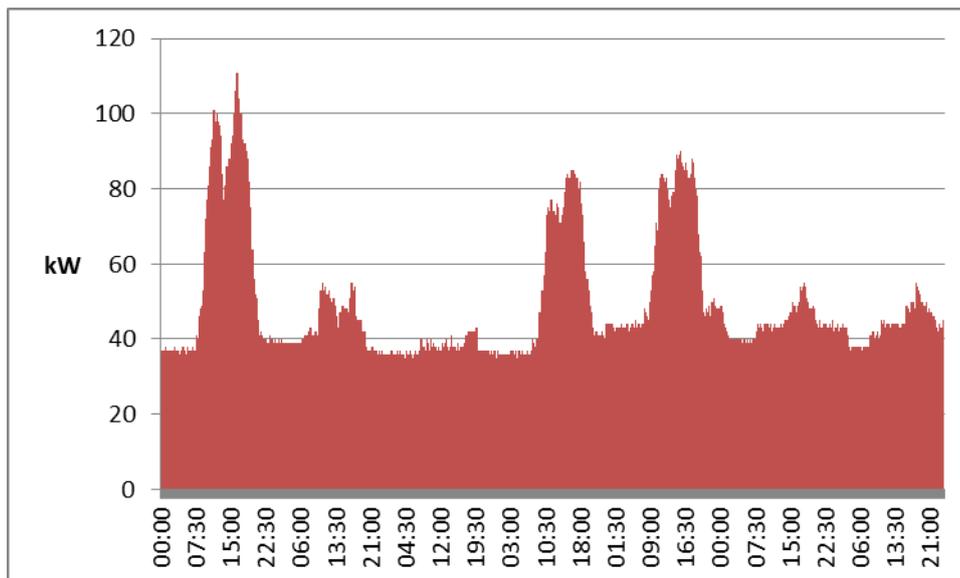


Gráfico 58 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEEC

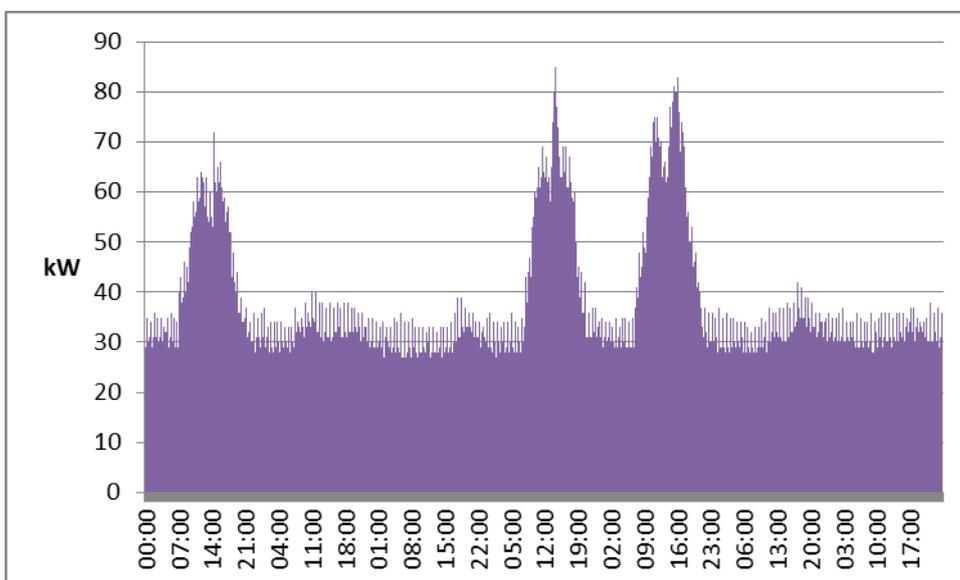


Gráfico 59 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEM

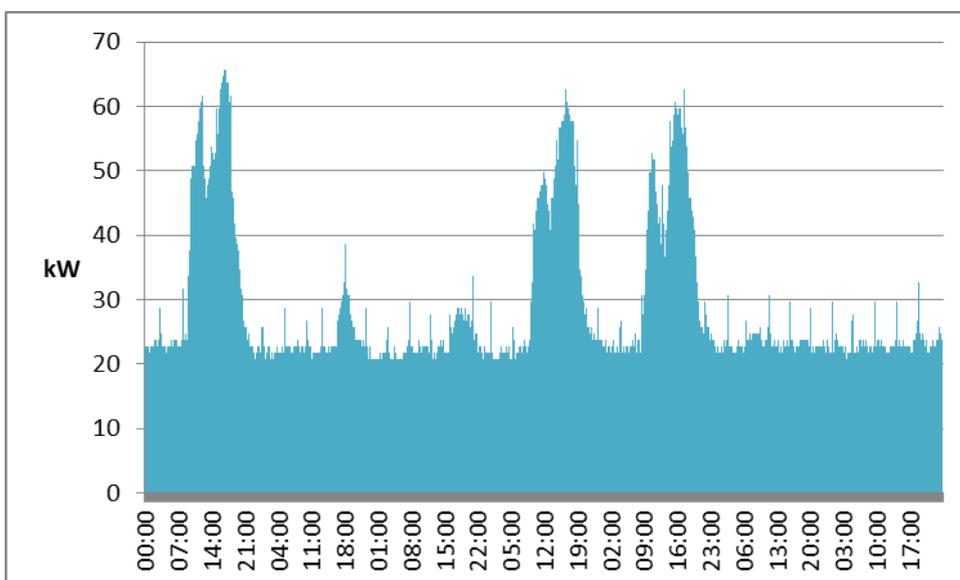


Gráfico 60 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro no DEQ

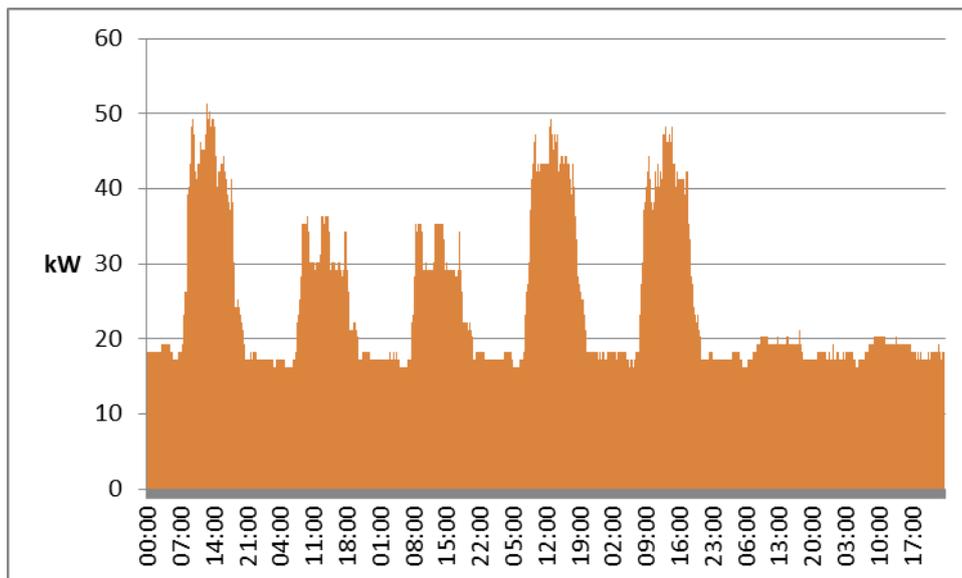


Gráfico 61 - DSC da semana de 23 a 29 de Dezembro na UCP

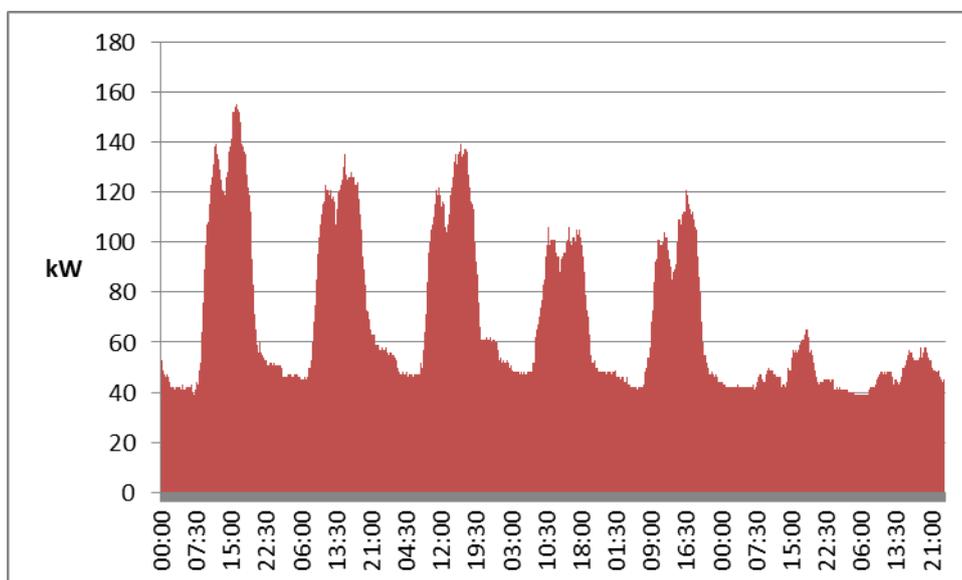


Gráfico 62 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEEC

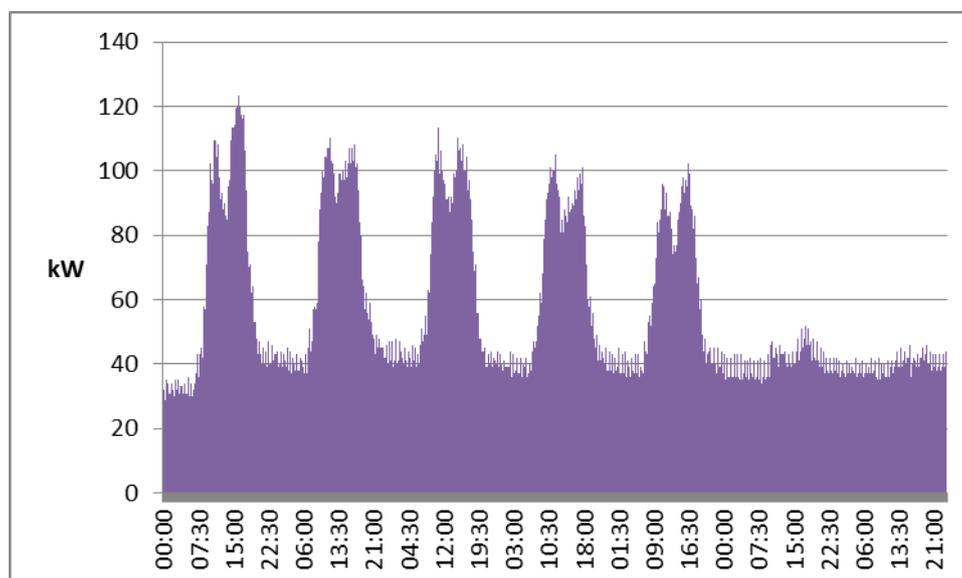


Gráfico 63 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEM

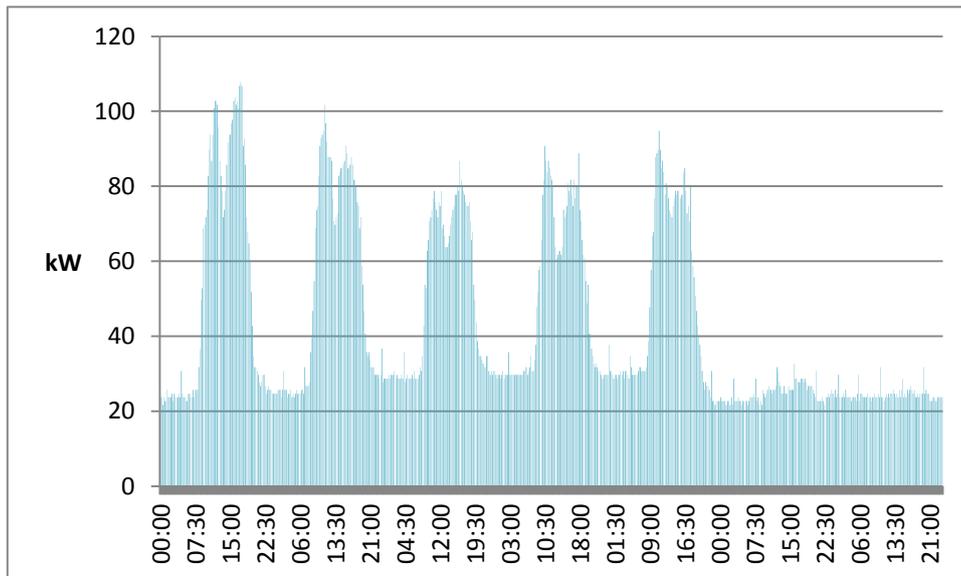


Gráfico 64 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro no DEQ

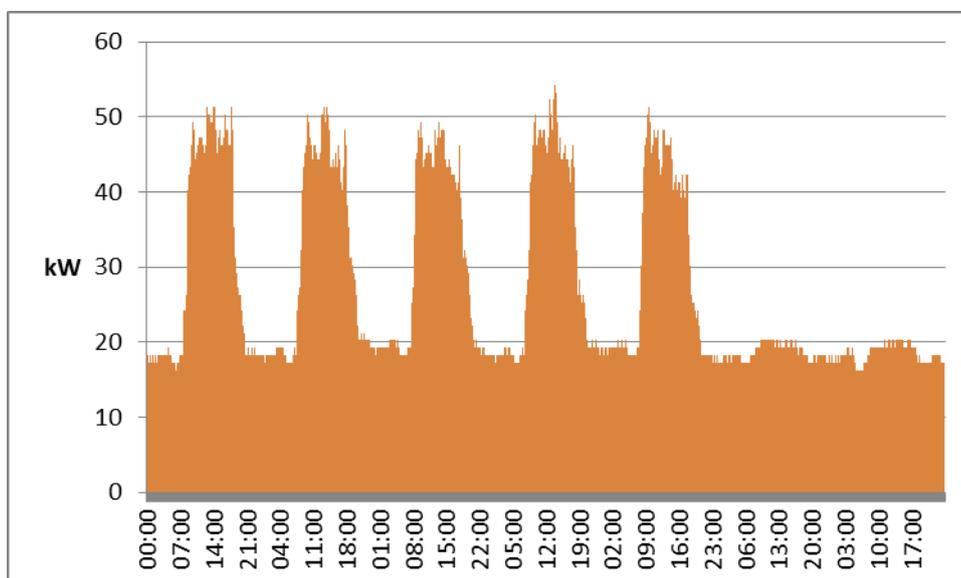


Gráfico 65 - DSC da semana de 6 a 12 de Janeiro na UCP

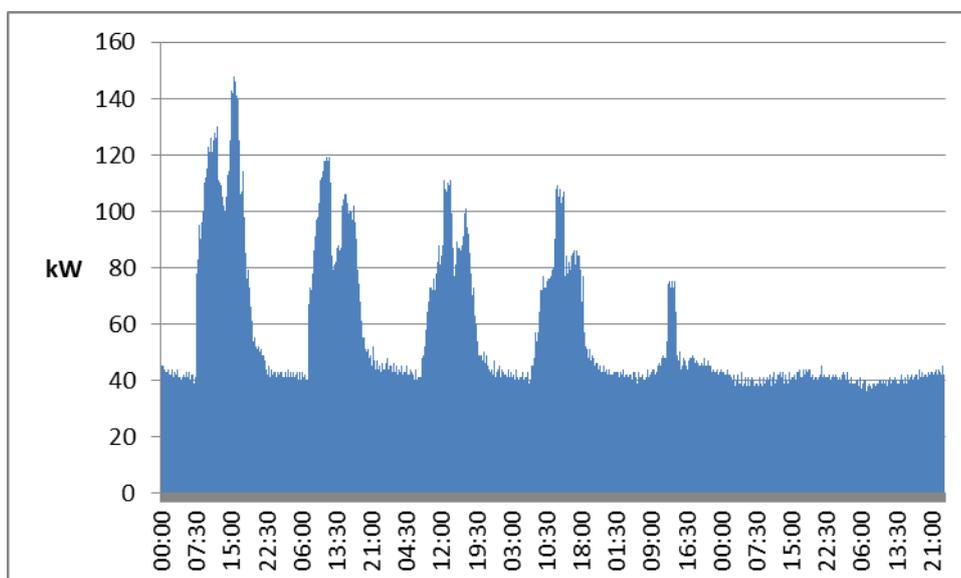


Gráfico 66 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEC

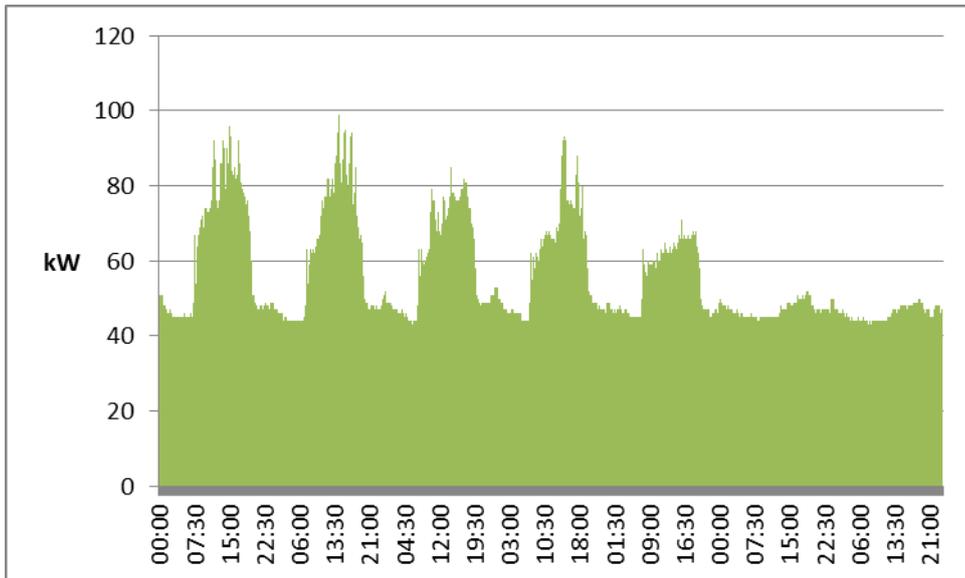


Gráfico 67 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEI

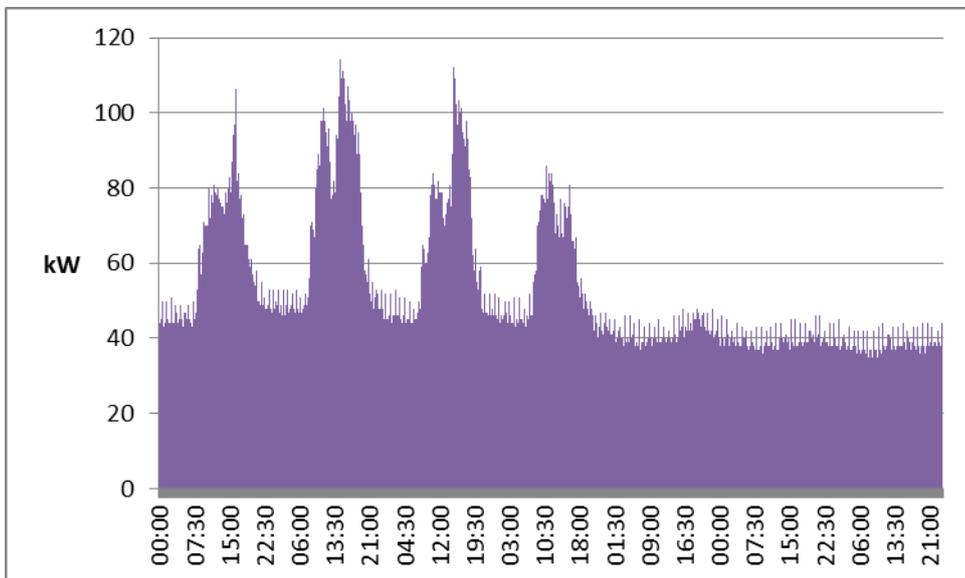


Gráfico 68 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEM

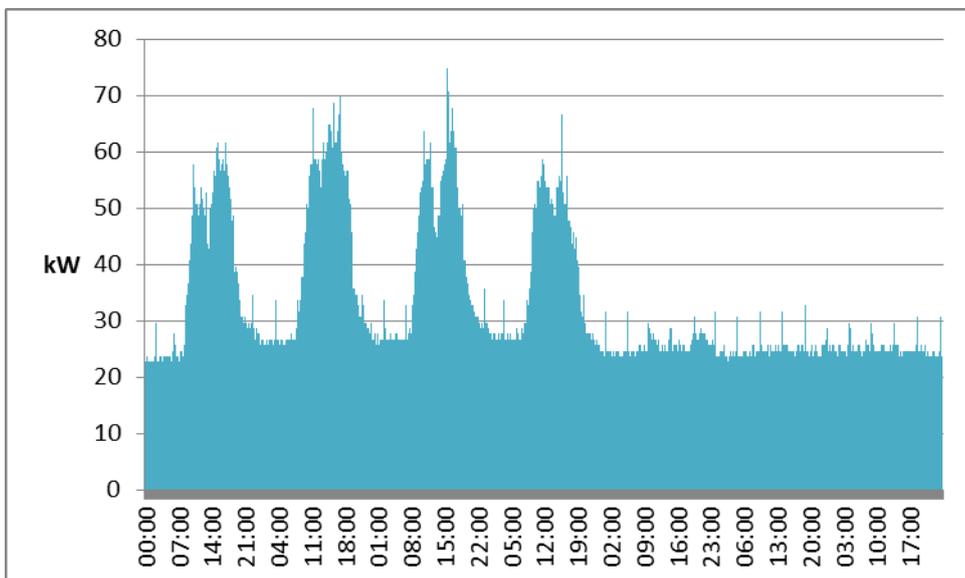


Gráfico 69 - DSC da semana de 14 a 20 de Abril no DEQ

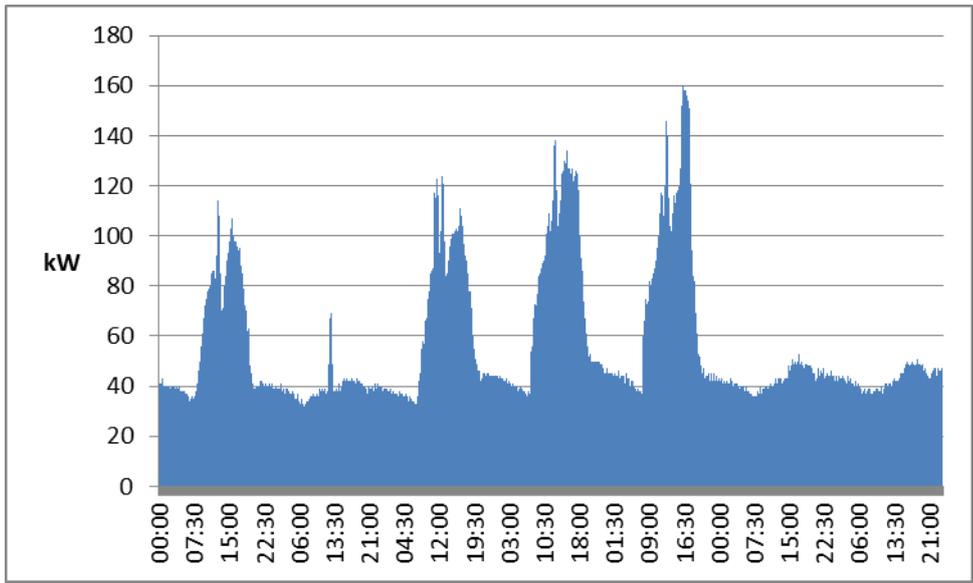


Gráfico 70 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEC

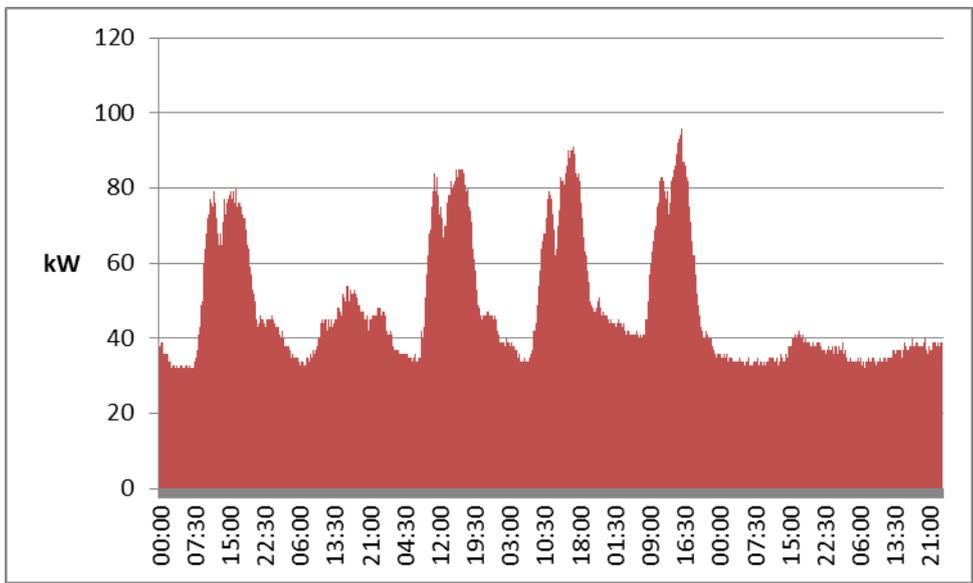


Gráfico 71 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEEC

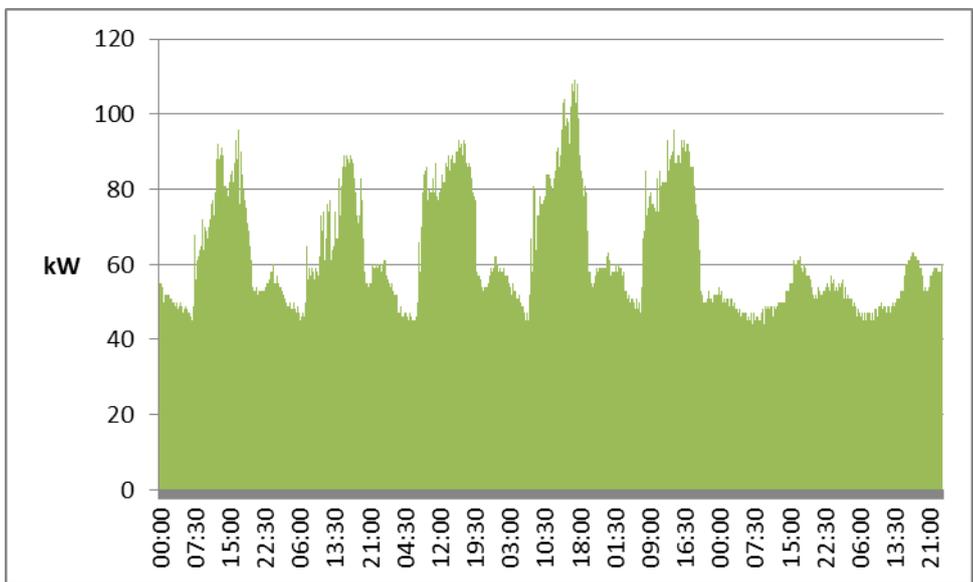


Gráfico 72 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEI

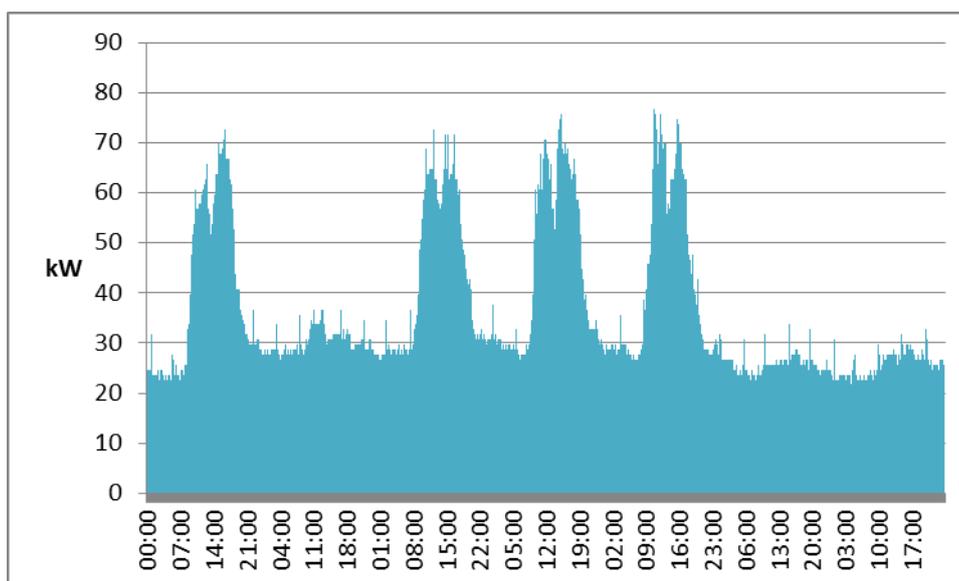


Gráfico 73 - DSC da semana de 9 a 15 de Junho no DEQ

Tabela 17 - Índices energéticos do DEC nas semanas "atípicas"

DEC 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
23 a 29 de Dez	8539,00	105,00	36,00	50,83	81,32	0,48
6 a 12 de Jan	13562,75	186,00	39,00	80,73	72,92	0,43
14 a 20 de Abr	9528,75	148,00	36,00	56,72	64,38	0,38
9 a 15 de Jun	9528,75	160,00	32,00	56,72	59,55	0,35

Tabela 18 - Índices energéticos do DEEC nas semanas "atípicas"

DEEC 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
23 a 29 de Dez	8302,00	111,00	35,00	49,42	74,79	0,45
6 a 12 de Jan	11589,75	155,00	39,00	68,99	74,77	0,45
14 a 20 de Abr	7455,00	85,00	32,00	44,38	87,71	0,52
9 a 15 de Jun	8125,75	96,00	32,00	48,37	84,64	0,50

Tabela 19 - Índices energéticos do DEI nas semanas "atípicas"

DEI 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
23 a 29 de Dez	9304,25	93,00	39,00	55,38	100,05	0,60
6 a 12 de Jan	12681,50	145,00	44,00	75,49	87,46	0,52
14 a 20 de Abr	9427,50	99,00	43,00	56,12	95,23	0,57
9 a 15 de Jun	10545,25	109,00	44,00	62,77	96,75	0,58

Tabela 20 - Índices energéticos do DEM nas semanas "atípicas"

DEM 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
23 a 29 de Dez	6372,34	85,00	26,95	37,93	74,97	0,45
6 a 12 de Jan	9539,59	123,31	28,95	56,78	77,36	0,46
14 a 20 de Abr	8917,66	114,28	34,96	53,08	78,03	0,46
9 a 15 de Jun	10334,31	113,28	36,96	61,51	91,23	0,54

Tabela 21 - Índices energéticos do DEQ nas semanas "atípicas"

DEQ 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
23 a 29 de Dez	4829,80	65,74	20,70	28,75	73,47	0,44
6 a 12 de Jan	7297,78	107,77	21,71	43,44	67,72	0,40
14 a 20 de Abr	5596,83	74,74	22,71	33,31	74,88	0,45
9 a 15 de Jun	6116,94	76,74	21,71	36,41	79,71	0,47

Tabela 22 - Índices energéticos da UCP nas semanas "atípicas"

UCP 2013/2014	Consumo [kWh]	Pot. Máx. [kW]	Pot. Mín. [kW]	Pot. Méd. [kW]	Utilização Ponta	Factor Carga
23 a 29 de Dez	4133,38	51,29	16,26	24,60	80,59	0,48
6 a 12 de Jan	4596,70	54,29	16,26	27,36	84,67	0,50
14 a 20 de Abr	4182,41	44,28	17,26	24,90	94,45	0,56
9 a 15 de Jun	6457,00	123,34	18,26	38,43	52,35	0,31