



André Gonçalo dos Santos Leal

Auditoria Energética ao Campus da ESAC

Dissertação de Mestrado

Setembro 2013



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



Universidade de Coimbra

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Auditoria Energética ao Campus da ESAC

André Gonçalo dos Santos Leal

Júri:

Presidente: Professor Doutor Vitor Manuel Mendes da Silva

Orientador: Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Vogal: Professor Doutor Gabriel Falcão Paiva Fernandes

Coimbra, Setembro de 2013

Agradecimentos

Primeiramente gostaria de agradecer a toda a minha família, especialmente aos meus pais, por todo o apoio, dedicação, e pelos sacrifícios que fizeram ao longo destes anos, porque sem eles tudo isto não seria possível.

Em segundo lugar queria agradecer ao meu orientador, Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge, pela orientação, críticas, sugestões e conhecimentos transmitidos.

Agradeço também à Engenheira Marta Lopes, por toda a colaboração, disponibilidade e apoio prestado, ao longo do trabalho.

Por fim queria ainda deixar um agradecimento a todos os meus amigos e colegas de curso que me acompanharam ao longo destes anos e que para sempre serão lembrados.

Resumo

O trabalho desenvolvido baseia-se na realização de uma Auditoria Energética ao Campus da Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC). A Instituição possui várias áreas com as mais diversas funcionalidades, desde salas de aula, gabinetes, laboratórios de investigação, cantinas, bar, oficinas, estufas, zonas desportivas, entre outros.

Uma Auditoria Energética visa analisar o estado das instalações, as condições de utilização da energia nos edifícios e perceber onde estão os maiores desperdícios da mesma.

O objetivo central desta dissertação foi proceder a um tratamento exaustivo dos dados recolhidos e proceder à desagregação e caracterização dos consumos, fazendo uso de indicadores de eficiência energética (IEE), a fim de identificar variações e padrões de utilização. Esta dissecação da informação de consumos, disponibilizada pela ESAC é fundamental para se atingir um conhecimento mais real e profundo de como é feito o uso de energia no Campus.

Dada a grande dimensão do Campus, neste trabalho a prioridade não foi encontrar Oportunidades de Racionalização de Consumo (ORC's), mas ainda assim foram deixadas algumas sugestões que têm em vista a redução do dispêndio energético.

Para ser possível fazer uma análise fiável seguiram-se vários procedimentos, nomeadamente visitas aos locais, diálogo com responsáveis para um melhor entendimento do modo de funcionamento de cada espaço, bem como monitorizações nos quadros e recolha de dados de faturação.

Palavras-Chave: Auditoria Energética, Desagregação de consumos, Indicadores de Eficiência Energética, Oportunidades de Racionalização de Consumos, Eficiência Energética.

Abstract

The work that's been developed is based on an Energy Audit realized in the Agrarian School of Coimbra (ESAC). This Institution has several spaces with many different features, like classrooms, offices, research laboratories, canteen, bar, greenhouses, sports areas, among others.

An Energy Audit aims to analyze the state of the facilities, the energy consumption conditions in buildings and understand where are the biggest wastes of it.

The main goal of this dissertation was to conduct a thorough treatment of the data collected and proceed to the consumption disaggregation and characterization by making use of energy efficiency indicators (EEI), in order to identify variations and patterns of use. This dissection of the available information is crucial to achieve a deeper and more realistic understanding the energy usage at the Campus.

Taking into account the large size of the Campus, the priority of this work was not to find Opportunities of Consumption Rationalization (OCR's), but still have been left some suggestions that are aimed to the reduction of energy consumption in these buildings.

To be able to make a reliable analysis have been followed various procedures, including, visits to the study locations, dialogue with the people in charge of the buildings to a better understand of the operation mode of each local, and monitoring and data collection frameworks as well.

Keywords: Energy audit, Consumption Disaggregation, Energy Efficiency Indicators; Opportunities of Consumption Rationalization, Energy Efficiency.

Índice

Agradecimentos	i
Resumo.....	ii
Abstract	iii
Lista de Figuras.....	vi
Lista de Tabelas	vii
Lista de Abreviaturas.....	viii
1. Introdução	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Enquadramento	1
1.3 Estrutura.....	2
2. Auditoria Energética.....	3
2.1 Definição e objectivos	3
2.2 Fases e Tipos de Auditoria	4
2.3 Metodologia.....	4
2.4 Regulamentos	5
2.4.1 Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios.....	5
2.4.2 Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios	6
2.4.3 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios	7
2.5 Indicadores de Eficiência Energética.....	7
3. Análise da faturação de energia	9
3.1 Situação Contratual.....	9
3.2 Energia ativa.....	9
3.3 Energia reativa	10
3.4 Faturação	12
4. Auditoria Energética no Campus ESAC.....	13
4.1 Apresentação	13
4.1.1 Descrição do Campus.....	13
4.1.2 Constituição dos blocos	14
4.2 Utilização de energia nos edifícios.....	15
4.3 Análise dos valores de telecontagem	15
4.3.1 Diagramas de carga.....	15
4.3.2 Desagregação por período horário	19
5. Auditoria analítica	20

5.1 Desagregação de consumos.....	20
5.1.1 Desagregação por Posto de Transformação (PT).....	21
5.1.2 Desagregação dos consumos do PT principal	22
5.1.2.1 Desagregação dos consumos do Bloco B	23
5.1.2.2 Desagregação dos consumos do Bloco H.....	24
5.1.3 Desagregação dos consumos do PT de baixo	25
5.2 Cálculo dos Indicadores de Eficiência Energética (IEE)	26
5.2.1 Serviços Informáticos.....	26
5.2.2 Laboratório de Química da direita	27
5.2.3 Laboratório de Química da esquerda	27
5.2.4 Bloco B -2ºandar	28
5.2.5 Reprografia.....	28
5.2.6 Bar	29
5.2.7 Biblioteca.....	29
5.2.9 Bloco D (piso 2) + Bloco G + Bloco F.....	30
5.2.10 Bloco J	30
5.2.11 Estufa (perto bloco J)	31
5.2.12 Cantina	31
5.2.13 Pavilhão Gimnodesportivo + iluminação bispo + residências.....	32
5.2.14 Zona desportiva.....	32
5.2.15 Oficina Tecnológica de Laticínios	33
5.2.16 Zootecnia.....	33
5.2.17 Motores do sistema de aquecimento	34
6. Medidas de racionalização de consumo	35
7. Conclusão	37
Bibliografia.....	39
Apêndices	40

Lista de Figuras

Fig. 1 - Evolução e desagregação dos consumos de energia ativa.	9
Fig. 2 - Evolução da facturação de energia activa por períodos. Os valores não incluem IVA....	10
Fig. 3 – Evolução dos valores faturados de energia reativa no período fora de vazio.	11
Fig. 4 - Evolução dos custos de energia reativa.	11
Fig. 5 - Faturação anual (2012).	12
Fig. 6 - Planta do edifício central da ESAC.	14
Fig. 7 - Diagrama Anual de Carga da instalação.....	15
Fig. 8 - Diagrama de carga de um dia útil.	16
Fig. 9 - Diagrama de carga de um Domingo.	17
Fig. 10 - Diagrama de carga da semana de 23 a 29 de Janeiro de 2012 (Inverno).	17
Fig. 11 - Diagrama de carga da semana de 16 a 22 de Abril de 2012 (Meia Estação).	18
Fig. 12 - Diagrama de carga da semana de 25 de Junho a 1 de Julho de 2012 (Verão).....	18
Fig. 13 - Desagregação da energia activa por período no ano de 2012.....	19
Fig. 14 - Fotografia aérea do Campus da ESAC.	20
Fig. 15 - Desagregação dos consumos por PT.	21
Fig. 16 - Desagregação dos consumos referentes ao PT principal.	22
Fig. 17 - Gráfico representativo da desagregação dos consumos do Bloco B.	23
Fig. 18 - Gráfico representativo da desagregação dos consumos do Bloco H.	24
Fig. 19 - Desagregação dos consumos referentes ao PT de baixo.	25

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Informação Contratual da ESAC	9
Tabela 2 - Indicadores dos Serviços Informáticos.	26
Tabela 3 - Indicadores referentes ao Laboratório de Química da direita.	27
Tabela 4 - Indicadores do Laboratório de Química da esquerda.....	27
Tabela 5 - Indicadores correspondentes ao Bloco B (2ºandar completo).	28
Tabela 6 - Indicadores referentes à Reprografia.	28
Tabela 7 - Indicadores respeitantes ao bar.	29
Tabela 8 - Indicadores que dizem respeito à Biblioteca.....	29
Tabela 9 - Indicadores do piso 0 e do piso 1 do Bloco D.	30
Tabela 10 - Indicadores do 2º piso do bloco D + Bloco G (todo) + Bloco F (todo).....	30
Tabela 11 - Indicadores do Bloco J.....	30
Tabela 12 - Indicadores referentes à Estufa.	31
Tabela 13 - Indicadores correspondentes à Cantina.....	31
Tabela 14 - Indicadores correspondentes à zona “Pavilhão Gimnodesportivo + iluminação bispo + residências.....	32
Tabela 15 - Indicadores referentes à zona desportiva.	32
Tabela 16 - Indicadores da Oficina Tecnológica de Laticínios.....	33
Tabela 17 - Indicadores respeitantes à área da Zootecnia.	33
Tabela 18 - Indicadores referentes aos Motores do sistema de aquecimento.	34

Lista de Abreviaturas

AE – Auditoria Energética

CO₂ - Dióxido de Carbono

DAC - Diagrama Anual de Carga

DC – Diagrama de Carga

ESAC - Escola Superior Agrária de Coimbra

FCTUC - Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

FC - Fator de Carga

GEE - Gases de Efeito Estufa

HC - Horas Cheias

HP - Horas de Ponta

HV - Horas de Vazio

IEE - Indicadores de Eficiência Energética

MT - Média Tensão

ORC - Oportunidade de Racionalização de Consumo

PT - Posto de Transformação

QE – Quadro Elétrico Geral

RCCTE - Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

RSECE - Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios

SCE- Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios

SV - Horas de Super Vazio

UE – União Europeia

1. Introdução

1.1 Apresentação

O trabalho aqui apresentado tem como finalidade satisfazer os requisitos da unidade curricular Dissertação para obtenção do grau de Mestre, no curso de Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra (FCTUC), referente ao ano lectivo de 2012/2013.

Este trabalho assenta na realização de uma auditoria energética no campus da ESAC (Escola Superior Agrária de Coimbra), no sentido de fazer uma análise do desempenho energético dos seus edifícios, dando maior destaque aos que apresentam um consumo mais significativo.

A recolha de dados e informações relativas a estes edifícios foi feita em colaboração com os serviços técnicos da ESAC, que nos facultaram os dados provenientes de monitorizações efectuadas. Foram também feitas visitas ao local para ter um melhor conhecimento dos espaços e tipos de equipamentos existentes e tentar perceber as falhas e necessidades desses mesmos locais. Além disto, foram também analisados os dados de facturação relativos ao ano de 2012.

O tratamento de todos os dados recolhidos serviu para procurar as principais variações de consumo, bem como proceder à sua desagregação, tendo em vista a identificação dos locais que mais contribuem para o gasto de energia.

Além disso, procurou-se sugerir algumas medidas de racionalização de consumo, que permitam uma diminuição dos encargos financeiros com a energia eléctrica, e numa perspectiva ambiental reduzir a emissão de gases de efeito de estufa (GEE).

1.2 Enquadramento

A utilização de energia assume-se claramente como um dos principais motores do desenvolvimento tanto económico como político. Sendo assim, é de extrema importância estabelecer diretrizes que controlem e limitem os consumos energéticos.

A eficiência energética é um termo muito usado ultimamente. Podemos definir eficiência energética como a redução do consumo de energia sem perdas na qualidade e no conforto para as pessoas. Quando se diz que um motor ou uma lâmpada são eficientes, significa que existe um

alto rendimento na transformação de energia, ou seja um baixo consumo para a realização da tarefa.

O uso da energia sem preocupações de racionalidade pode conduzir a um esbanjamento das fontes de energia primárias, podendo ter graves impactos no meio ambiente e, por conseguinte, na qualidade de vida das populações.

O modo como a energia disponível é utilizada torna-se numa questão chave e por isso, o aumento da Eficiência Energética (EE) é incontornável para se atingirem os objectivos pretendidos. A obtenção de poupanças de energia significativas obriga, por um lado, o desenvolvimento de técnicas, equipamentos, e serviços eficientes do ponto de vista energético, e por outro a uma alteração dos padrões comportamentais.

1.3 Estrutura

Esta dissertação encontra-se dividida em sete capítulos.

No primeiro capítulo é apresentada uma introdução ao trabalho desenvolvido.

O capítulo dois aborda o conceito de Auditoria energética, os seus objetivos e metodologias utilizadas na sua realização. Também são introduzidos alguns Indicadores de Eficiência Energética usados neste trabalho.

No terceiro capítulo é feita uma caracterização do contrato de eletricidade da ESAC e um estudo da evolução dos consumos de energia eléctrica.

O quarto capítulo visa fazer uma descrição do Campus e também uma análise aos valores da telecontagem, utilizando diagramas de carga.

No quinto capítulo procede-se à desagregação de consumos e a uma análise particular aos edifícios.

O sexto capítulo tem como finalidade sugerir algumas medidas de racionalização de consumo de energia.

No sétimo e último capítulo são expostas as conclusões finais.

2. Auditoria Energética

2.1 Definição e objectivos

Uma Auditoria Energética (AE) define-se como um processo para avaliar a utilização de energia por parte de um edifício, bem como encontrar oportunidades para reduzir o seu consumo. As AE são motivadas principalmente por razões de obrigatoriedade (SGIE, SCE), por necessidade de diminuir a despesa com electricidade e por preocupações a nível ambiental.

Atendendo a estas necessidades as AE devem identificar e quantificar o consumo de energia, reconhecendo os sectores/equipamentos que mais contribuem para este, analisando também perfis e variações de consumo.

É esta caracterização pormenorizada dos consumos que permite estabelecer potenciais medidas de eficiência e racionalização e especificar um plano de gestão de energia, podendo desta forma diminuir os custos com a mesma, preservando o nível de qualidade e conforto [1].

De uma forma mais sistemática podemos identificar como objectivos de uma auditoria, os seguintes pontos [2]:

- Identificar e quantificar as formas de energia utilizadas;
 - Caracterizar a estrutura do consumo de energia;
 - Quantificar os consumos energéticos por setor, produto ou equipamento;
- Propor um plano de racionalização para as ações e investimentos a empreender;
 - Estabelecer e quantificar potenciais medidas de racionalização;
 - Analisar técnica e economicamente as soluções encontradas;
 - Avaliar o desempenho dos sistemas de geração, transformação e utilização de energia;
 - Relacionar o consumo de energia com a produção (calculando nomeadamente os consumos específicos);
 - Especificar um plano de gestão de energia para a empresa;
 - Propor a substituição dos equipamentos do processo por outros mais eficientes;
 - Propor a alteração das fontes energéticas caso se justifique.

2.2 Fases e Tipos de Auditoria

Apesar de toda a subjectividade inerente, pode-se dividir as auditorias energéticas em quatro fases [2]:

- Auditoria sintética
 - Síntese dos consumos por vetores energéticos e encargos. É feita, normalmente, com recurso à faturação das diversas fontes de energia e permite uma caracterização global dos consumos e respetivos encargos financeiros.

- Auditoria genérica/deambulatória
 - Vistoria às condições de funcionamento das principais instalações (“check-list” resumida). As “check-list” devem ser adequadas a cada situação.

- Auditoria analítica
 - Análise dos consumos por tipo de equipamento (exige normalmente algumas monitorizações e determinação de padrões de funcionamento). A determinação do padrão de funcionamento de alguns equipamentos pode exigir uma monitorização breve, se a potência pedida é constante e os períodos de funcionamento identificados pelo operador/utilizador do equipamento, ou mais demorada, se a potência pedida varia (com a carga, por exemplo).

- Auditoria tecnológica
 - Alterações nos processos. Os resultados desta auditoria permitem avaliar soluções alternativas em termos de processo e tomar decisão quanto a possíveis alterações.

2.3 Metodologia

Uma metodologia bem planeada e organizada é fundamental para que uma auditoria atinja as metas a que se propõe.

Um dos possíveis critérios a ser utilizado para a realização de auditorias energéticas, pode dividir-se nas seguintes fases [2]:

1. Preparação da Intervenção:
 - a) Recolha e análise de informação documental;
 - b) Análise do processo produtivo e energético;
 - c) Recolha de informações relativas a tecnologias disponíveis no mercado.
 - d) Preparação da intervenção em campo.

2. Intervenção Local:
 - a) Recolha de informação energética da empresa;
 - b) Análise do processo produtivo;
 - c) Estabelecimento dos fluxos de energia;
 - d) Instalação de equipamento de registo em contínuo (monitorização);
 - e) Medições complementares;

3. Tratamento de Dados:
 - a) Tratamento e análise dos dados recolhidos – Determinação de: Balanços energéticos, consumos específicos, etc;
 - b) Avaliação do potencial de economias de energia;
 - c) Conclusões;

4. Elaboração do Relatório da Auditoria (apresentação organizada de todos os elementos):
 - a) Informações básicas sobre a empresa;
 - b) Contabilidade energética;
 - c) Análise da utilização de energia por produto ou processo.

2.4 Regulamentos

A Comissão Europeia adotou um plano de ação cujo objetivo é reduzir o consumo de energia em 20% até 2020.

A legislação Portuguesa é baseada em três Decretos-Lei (DL), que serão descritos seguidamente.

2.4.1 Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior dos Edifícios

Esta norma [3] estabelece a criação de um sistema de Certificação Energética em edifícios novos, bem como em edifícios sujeitos a uma remodelação estrutural, de forma a atestar a correta aplicação das normas térmicas em vigor.

O SCE tem como objectivo assegurar a aplicação regulamentar no que diz respeito às condições de eficiência energética, assim como assegurar a qualidade do ar interior de acordo com os parâmetros definidos pelo RSECE e pelo RCCTE. Deverá também encarregar-se da certificação dos edifícios no que toca ao desempenho energético e qualidade do ar, apontando medidas corretivas aplicáveis.

2.4.2 Regulamento dos Sistemas Energéticos e de Climatização nos Edifícios

O RSECE [4] foi aprovado pelo D.L. nº118/98 de 7 de Maio e veio substituir o D.L. nº156/92 de 29 de Julho. Este regulamento procurava introduzir medidas de racionalização fixando limites à potência máxima dos sistemas evitando assim sobredimensionamento e contribuindo para uma maior eficiência energética.

No âmbito do Protocolo de Quioto, Portugal assumiu responsabilidades quanto às emissões de gases de efeito de estufa (GEE).

Em 4 de Janeiro de 2003 foi publicada pela U.E, a Diretiva nº2002/91/CE do Parlamento e do Conselho Europeu relativa ao desempenho energético nos edifícios, que estabelece regulamentos para reduzir os consumos de energia. A diretiva também obriga a uma verificação periódica dos consumos reais nos edifícios de maior dimensão e a afixação desta informação mediante um certificado apropriado em local visível.

A reformulação do RSECE pelo D.L nº79/2009 foi feita tendo em vista vários aspectos tais como:

- Definir as condições de conforto térmico e de higiene a ser requeridas nos diferentes espaços dos edifícios;
- Aumentar a eficiência energética global dos edifícios, promovendo a sua limitação efetiva para padrões aceitáveis;
- Estipular regras de eficiência para os sistemas de climatização que permitam melhorar o seu desempenho energético e garantir qualidade do ar interior;
- Monitorizar com regularidade as práticas de manutenção dos sistemas de climatização como condição da eficiência energética e a qualidade do ar dos edifícios.

Estas regras são aplicáveis a:

- Qualquer fração autónoma de serviços com área superior a 1000 m² ou com potência instalada superior a 25kW;

- Qualquer edifício novo existente de serviços com área superior a 1000 m² e com potência instalada superior a 25kW;
- Qualquer projeto de construção de edifícios de serviços com área superior a 1000 m² ou com potência instalada superior a 25kW.

2.4.3 Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios

O RCCTE [5], aprovado pelo D.L. nº40/90 foi o primeiro instrumento legal em Portugal que impôs requisitos ao projecto de novos edifícios e de grandes remodelações por forma a salvaguardar a satisfação das condições de conforto térmico nesses edifícios sem necessidades excessivas de energia quer no Inverno, quer no Verão.

Actualmente é possível afirmar que o RCCTE constitui um marco importante na melhoria da qualidade de construção em Portugal, havendo hoje uma prática quase generalizada de aplicação de isolamento térmico nos edifícios. Este regulamento veio estabelecer regras a serem respeitadas no projecto de todos os edifícios de habitação e de serviços sem sistemas de climatização de modo a que sejam satisfeitas as exigências de qualidade do ar interior, assim como as necessidades de água quente sanitária, sem haver excessivos gastos de energia.

2.5 Indicadores de Eficiência Energética

Existem alguns indicadores que nos permitem caracterizar de forma mais fiável os consumos de uma instalação assim como os comportamentos associados a esta.

Neste trabalho foram usados alguns índices tais como, Potência máxima, Potência Média, Fator de Carga, Potência Média em Vazio.

A Potência Média (P_{med}) é dada pelo quociente entre energia total consumida e o período de tempo considerado.

$$P_{med} = \frac{E}{t} \quad (2.1)$$

Isto indica-nos a taxa de energia consumida por período de tempo.

O Fator de carga (FC) consiste na relação entre a potência média e a potência máxima e pode variar entre 0 e 1.

$$FC = \frac{P_{méd}}{P_{máx}} \quad (2.2)$$

Este índice tem o propósito de indicar se a energia está a ser usada de forma racional e económica. Quanto mais próximo for de 1, melhor é o aproveitamento da instalação elétrica.

A Potência média em vazio consiste na potência média durante as horas de vazio, das 00:00h até às 07:00h. Sendo este o período de menos actividade na ESAC, este indicador permite-nos compreender melhor os consumos que são feitos pelos equipamentos que estão continuamente ligados.

3. Análise da faturação de energia

Neste capítulo irá ser feita uma pequena análise à situação contratual da ESAC, tendo em conta que existe um único contrato para todo o complexo.

3.1 Situação Contratual

A ESAC possui um contrato de Média Tensão, tarifa Tetra-Horária e ciclo semanal com feriados. A potência contratada é 337 kW, como é mostrado na tabela seguinte.

Tabela 1 - Informação Contratual da ESAC

Informação Contratual	
Tarifa/Serviço fornecido	Média Tensão <=3.000MWh
Ciclo	Ciclo semanal com feriados
Potência Instalada	630 kVA
Potência Contratada	337 kW
Zona da Qualidade de Serviço	Eletricidade – A

Nota: A potência contratada passou de 360kW para 337kW em Novembro de 2012.

3.2 Energia ativa

Através da análise das faturas referentes ao ano de 2012, foi feita uma representação gráfica dos consumos de energia ativa desagregados pelos vários períodos horários.

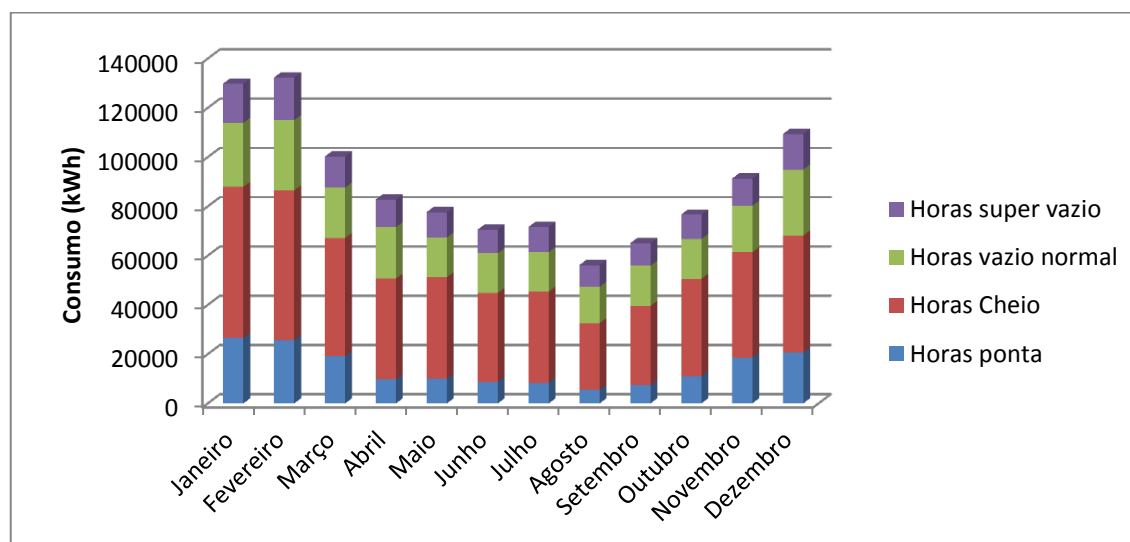


Fig. 1 - Evolução e desagregação dos consumos de energia ativa.

Analisando o gráfico da Fig. 1 constata-se que a parte mais significativa dos consumos está no período de cheias, o que é justificável por ser o período de maior actividade na ESAC, e em que o maior número de equipamentos se encontra em funcionamento, pois é normalmente neste horário que decorrem as aulas e todas as atividades próprias de uma Escola Superior.

Contrastando com este facto, pode-se observar que o período de menor consumo é o período da noite, em que a maior parte das cargas estão desligadas e o número de pessoas nas instalações é mínimo. Ainda assim verifica-se que nos meses de Inverno os consumos de vazio mais que duplicam, indicando que parte dos equipamentos de aquecimento ficam ligados durante a noite, um claro desperdício de energia. Isto pode também ser verificado na Fig. 2 que mostra a evolução dos valores faturados mensalmente.

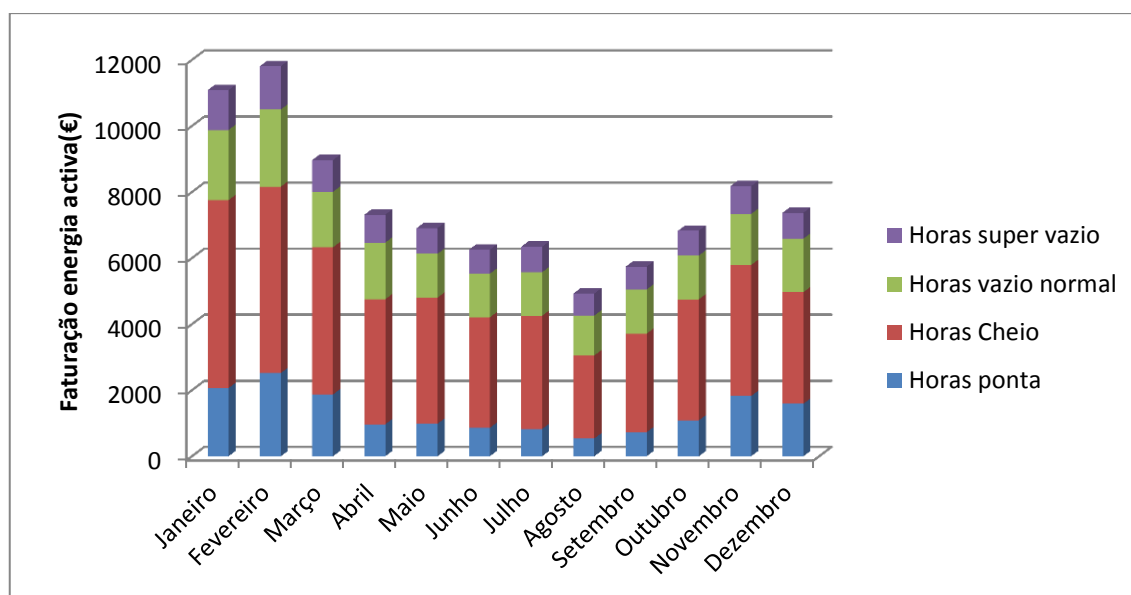


Fig. 2 - Evolução da faturação de energia activa por períodos. Os valores não incluem IVA.

O gráfico anterior traduz o valor faturado ao longo dos meses, e como é natural tendo em conta os consumos observa-se que os meses correspondentes aos meses de férias apresentam os valores mais reduzidos.

Conclui-se ainda que Janeiro e Fevereiro foram os meses em que a faturação atingiu o seu máximo, sendo este fato parcialmente explicado por serem meses de Inverno, em que os equipamentos eléctricos de aquecimento têm maior utilização, pois no geral estas cargas consomem bastante.

3.3 Energia reativa

Nos contratos MT é faturada a energia reativa que exceder 30% do consumo de energia activa nos períodos fora de vazio e toda a energia reativa que for injetada na rede no período de vazio.

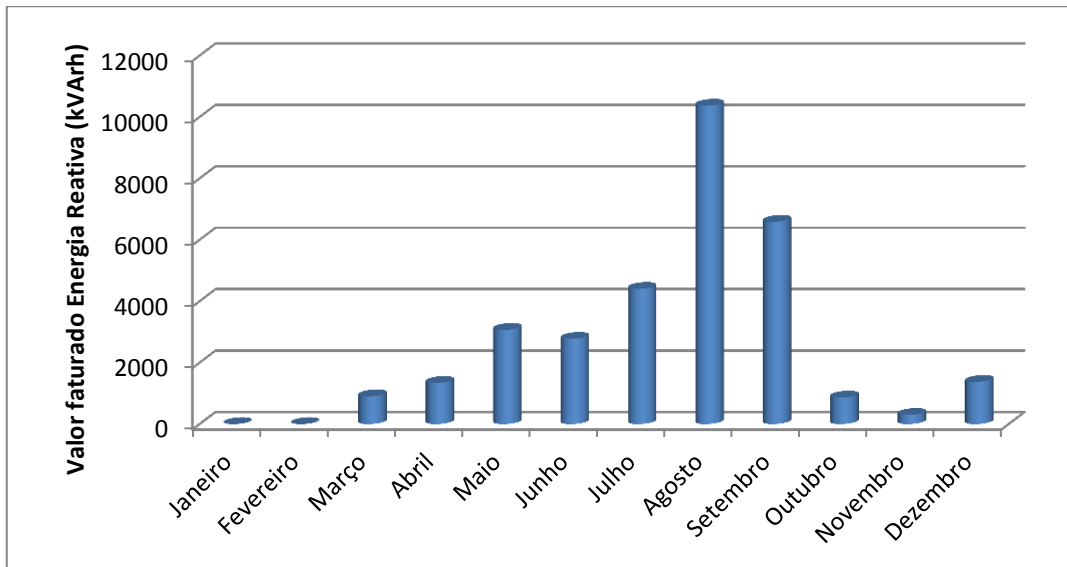


Fig. 3 – Evolução dos valores faturados de energia reativa no período fora de vazio.

O gráfico da Fig. 3 apresenta a variação do consumo de energia reativa durante os meses do ano de 2012, usando os dados de faturação disponibilizados. Analisando a imagem observamos que no geral os consumos são pouco significativos, uma vez que foram bastante baixos na maior parte do ano. Nos meses de Janeiro e Fevereiro não houve sequer qualquer consumo faturado, tendo o máximo anual sido atingido em Agosto, que representou um caso excepcional nesse ano.

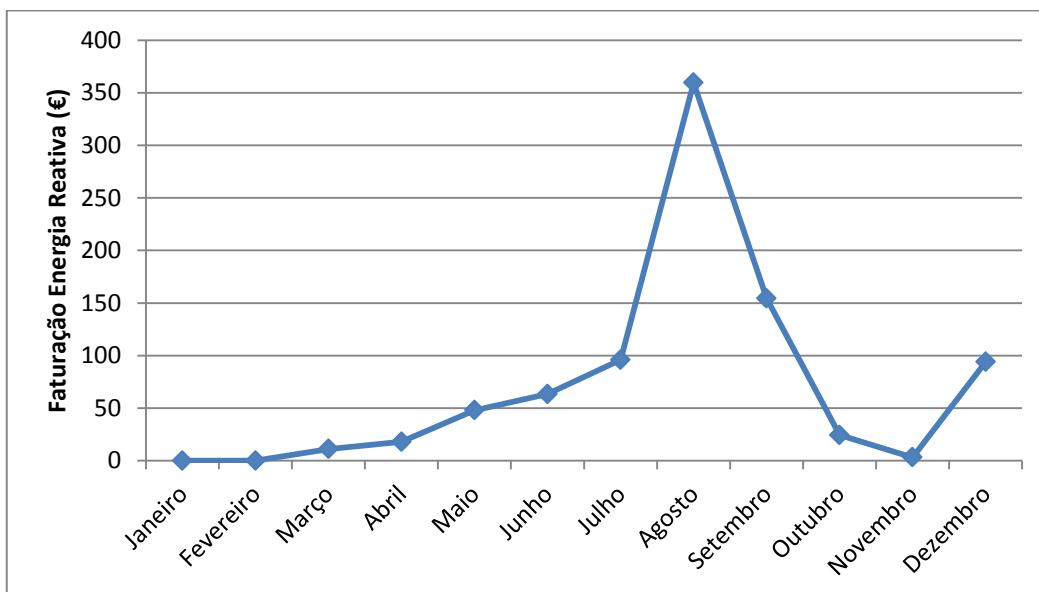


Fig. 4 - Evolução dos custos de energia reativa.

Como já foi referido, o consumo anual de energia reativa foi bastante baixo, o que naturalmente se traduziu nos valores faturados. Sendo assim, o custo de energia reativa apenas ultrapassou os 100 euros nos meses de Agosto e Setembro, fixando-se o custo anual nos 871,63 euros.

Assim sendo, conclui-se que a energia reativa se encontra compensada corretamente, pois apesar de pontualmente existirem valores mais elevados, esta energia representa um custo residual, tendo em conta o custo total da faturação.

3.4 Faturação

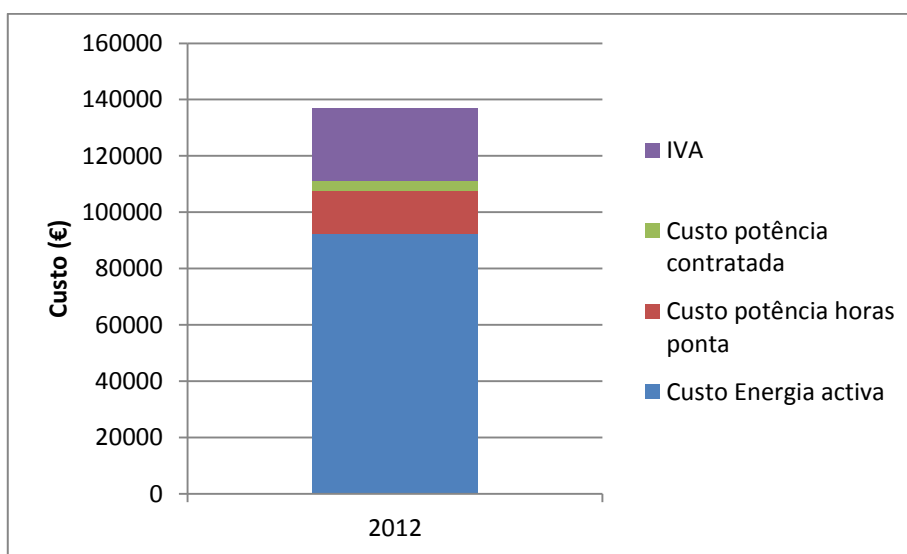


Fig. 5 - Faturação anual (2012).

Este gráfico apresenta a desagregação dos custos da fatura de eletricidade anual pelos diversos componentes que contribuem para o valor final da fatura energética, de modo a ter uma perceção do peso de cada um deles nesse valor.

A faturação anual de 2012 corresponde a 136.839 euros. Conclui-se que o valor da energia ativa é o que mais contribui para o valor final da fatura. No caso do IVA podemos afirmar que também tem uma contribuição bastante significativa, que se agravou com o aumento deste imposto de 6 para 23% em 2012. Com valores mais reduzidos, mas ainda importantes temos o custo da potência em horas de ponta e por fim o custo da potência contratada.

4. Auditoria Energética no Campus ESAC

4.1 Apresentação

A ESAC é uma escola que está integrada no Instituto Politécnico de Coimbra, globalmente orientada para a prossecução dos objetivos do ensino superior politécnico no âmbito das tecnologias, das ciências e engenharias agrárias e afins e ainda do turismo e lazer.

4.1.1 Descrição do Campus

A área edificada da ESAC ocupa cerca de 29630 m². Destes, 4203 m² são utilizados directamente nas actividades dedicadas à docência (gabinetes: 945,9 m²; salas de aula e anfiteatros: 1803 m² e laboratórios: 1455 m²). A estas áreas acrescem cerca de 8300 m² de áreas destinadas a instalações específicas também usadas para ensino, tais como oficinas tecnológicas e instalações pecuárias. Os Serviços Administrativos ocupam 295m² e outros 295m² são utilizados pela Direcção e restantes Órgãos de Gestão da ESAC. A restante área está ocupada com residências, oficinas e outras construções não utilizadas directamente para serviço docente. 140 Hectares destinam-se a Exploração Agropecuária.

Nas instalações não utilizadas directamente para o serviço docente, incluem-se residências habitacionais e uma residência para estudantes, pertencentes ao IPC.

O Campus possui 32 salas de aula/anfiteatros, que no seu conjunto perfazem 2000 m² e que comportam cerca de 1200 lugares. Todas as salas se encontram equipadas com o material comum a uma sala de aula. A escola conta também com 35 laboratórios administrados pelos diversos departamentos. A utilização de cada laboratório depende do tipo de equipamento existente, localização e dimensão. Detém ainda uma área coberta de construções agropecuárias e industriais de 10613m² distribuídos por diferentes locais. Alguns dos edifícios em atividade são uma cavalaria, uma vacaria e uma estufa.

Os edifícios agroindustriais incluem uma oficina tecnológica de produtos hortofrutícolas, uma oficina tecnológica de lacticínios e uma adega.

A ESAC possui ainda uma área coberta de 1674 m² ocupada com oficinas, hangar de máquinas e outras infraestruturas de apoio. No total, a instituição emprega cerca de 205 pessoas, contando com cerca de 1125 alunos [6].

4.1.2 Constituição dos blocos

O edifício central da ESAC divide-se em 8 blocos, cada um com a sua especificidade própria. Seguidamente irá ser feita uma breve caracterização desses edifícios:

- Bloco A: edifício que engloba reprografia, casas de banho, associação de estudantes, gabinetes e armazéns;
- Bloco B: área formada por salas de reuniões, gabinetes de apoio, casas de banho, oficinas de manutenção e centro de informática;
- Bloco D: este edifício é constituído por gabinetes, laboratórios e casas de banho;
- Bloco E: espaço reservado a um auditório com aproximadamente 300 m²;
- Bloco F: composto por laboratórios e gabinetes;
- Bloco G: local onde se situam as instalações técnicas e alguns armazéns;
- Bloco H: neste bloco encontram-se gabinetes, o espaço das instalações técnicas, a biblioteca, salas de aula, casas de banho, um auditório e a sala dos funcionários;

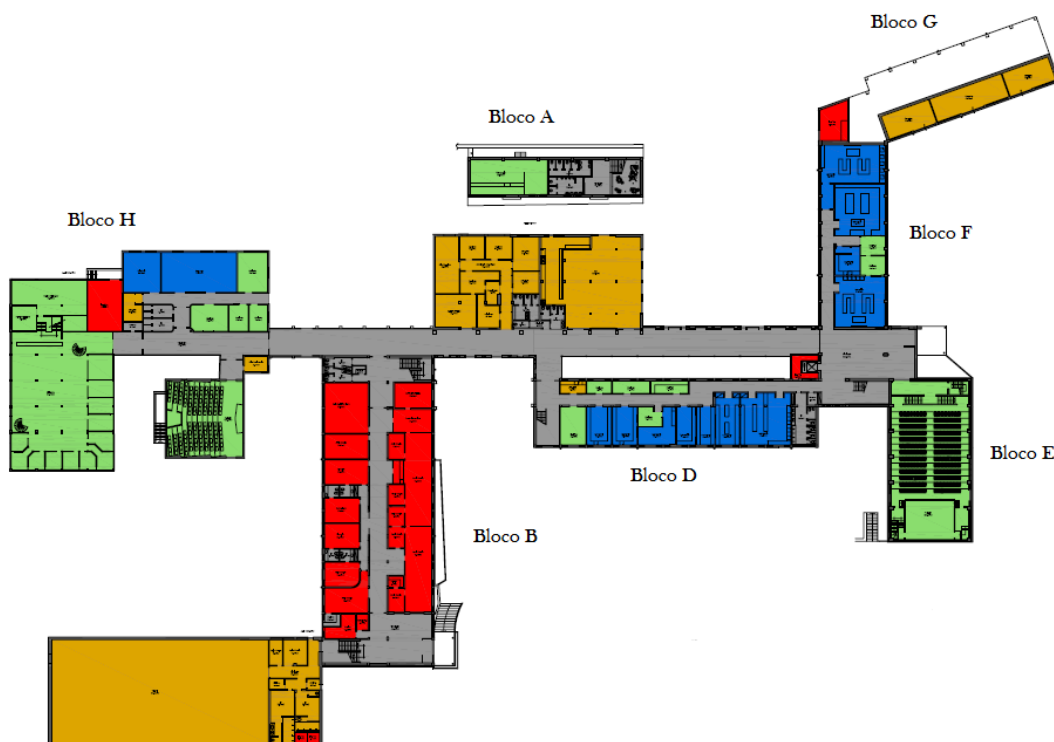


Fig. 6 - Planta do edifício central da ESAC.

4.2 Utilização de energia nos edifícios

No que diz respeito às salas de aula, gabinetes, salas de reuniões e salas de estudantes, a utilização de energia é semelhante em todas. Esta é usada principalmente em iluminação, projectores, equipamentos informáticos e de climatização.

Nos laboratórios, além dos equipamentos já anteriormente referidos, existem hotes para extração de gases que estão permanentemente ligados, cilindros, estufas, autoclaves, arcas frigoríficas, destiladores, entre outros equipamentos próprios de laboratórios dedicados a investigação e docência, dos quais uma elevada percentagem apresenta pouca eficiência energética.

Na secção de informática além de todo o material informático, equipamentos de climatização e iluminação, existe uma máquina fotocopiadora para uso de todos, que provoca picos de consumo aquando do aquecimento do sistema de impressão.

Na biblioteca, a electricidade é usada por computadores, equipamentos de climatização e iluminação, sendo esta última responsável pela maior fatia do consumo de energia, pois na zona em que se encontram as prateleiras com livros, esta está permanentemente ligada desde a abertura até ao seu encerramento.

4.3 Análise dos valores de telecontagem

4.3.1 Diagramas de carga

Utilizando os dados provenientes da telecontagem obteve-se o diagrama de carga representado na Fig. 7.

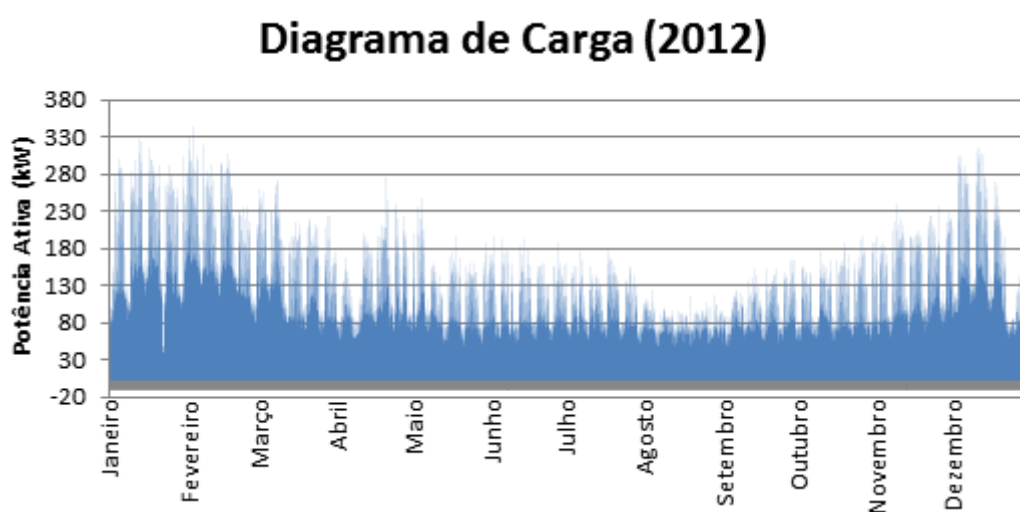


Fig. 7 - Diagrama Anual de Carga da instalação.

Pela análise do DAC verifica-se que o consumo de energia varia bastante ao longo do ano, sendo notório que é muito superior nos meses de Inverno, principalmente a partir do início de Dezembro até ao fim de Fevereiro sensivelmente. Este facto pode ser explicado pelo uso recorrente de equipamentos elétricos de aquecimento para contrariar as temperaturas mais baixas que se fazem sentir nesta época do ano. No entanto há que salientar que no final de Dezembro se observa uma diminuição acentuada do consumo devido às férias de Natal, e à consequente diminuição do número de estudantes na escola.

Nos meses de Verão verifica-se uma queda na utilização de electricidade, tendo sido o mês de Agosto aquele em que o consumo foi menor, já que há uma redução significativa de actividade na ESAC, uma vez que grande parte das pessoas usufrui de férias de Verão nesse período. No ano de 2012 o valor máximo de 360kW foi atingido no dia 13 de Janeiro, tendo o valor mínimo de 40kW sido medido no dia 8 de Agosto.

Conseguimos também observar que existe o chamado “problema do consumo de base elevado”, já que os valores de potência raramente descem dos 70kW aproximadamente. Isto significa que há imensos equipamentos espalhados pela ESAC que estão em permanente funcionamento. Nota-se que essa base sobe ainda mais nos meses frios, o que acentua a importância que a climatização tem no gasto energético.

As figuras seguintes representam respectivamente o diagrama de carga de um dia útil e o diagrama de carga de um domingo. Estes gráficos irão ser úteis para termos uma ideia mais precisa das oscilações de potência que ocorrem ao longo do dia e também para podermos comparar as diferenças de consumo entre eles.

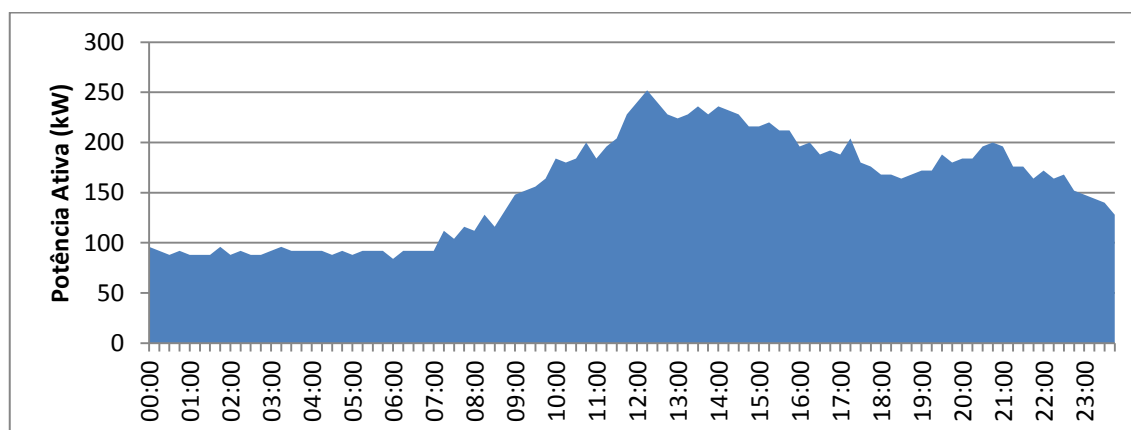


Fig. 8 - Diagrama de carga de um dia útil.

Este diagrama é referente ao dia 23 de Abril de 2012 (segunda-feira) e mostra-nos que os maiores consumos acontecem entre as 11h30 e as 15h00 sensivelmente, pois corresponde ao

período de maior movimento no Campus, o que leva a que haja um maior número de cargas ligadas.

Entre as 15h e as 19h há um decréscimo gradual do consumo, voltando a subir por volta das 19h30. Diminuindo novamente a partir das 22h, e mantendo-se relativamente estável durante o período da noite, como seria expectável.

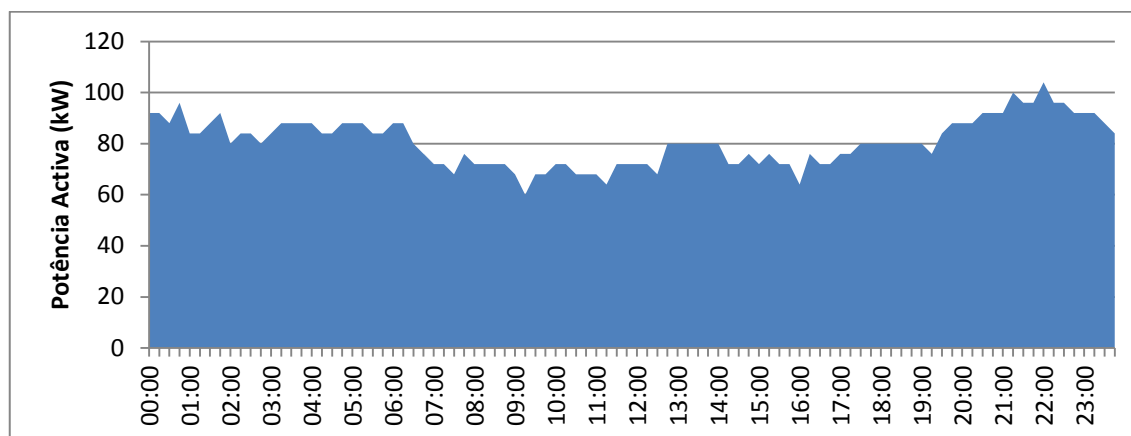


Fig. 9 - Diagrama de carga de um Domingo.

O diagrama apresentado corresponde ao dia 29 de Abril de 2012. Como podemos observar pelo gráfico, não existem grandes picos nem oscilações significativas no consumo ao longo de todo o dia, registando-se apenas uma ligeira subida entre as 21h e as 22h. Isto deve-se ao facto de o nível de ocupação da escola ser bastante mais reduzido ao fim de semana.

Para uma análise detalhada foram escolhidas três semanas distintas. A primeira retrata uma semana típica de Inverno (23 a 29 Janeiro), a segunda uma de meia estação (16 a 22 Abril), e a última uma semana típica de Verão (25 Junho a 1 de Julho).

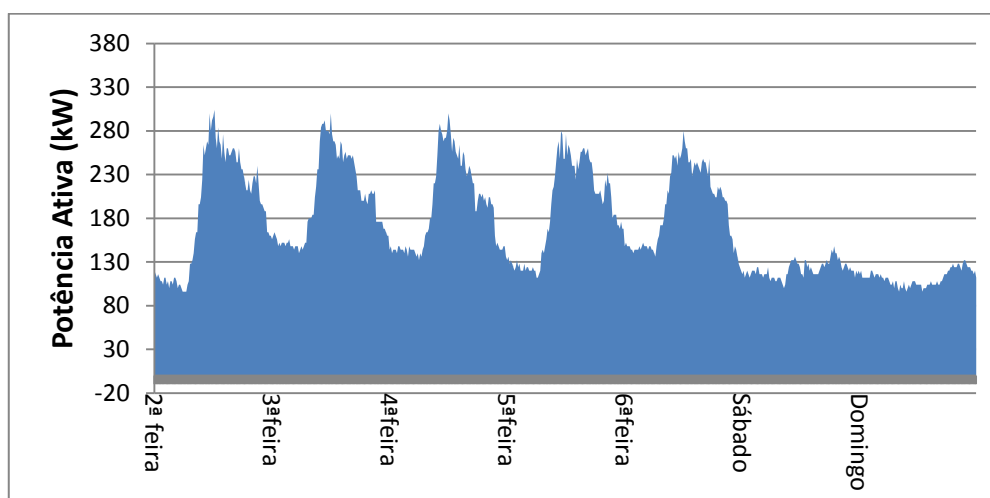


Fig. 10 - Diagrama de carga da semana de 23 a 29 de Janeiro de 2012 (Inverno).

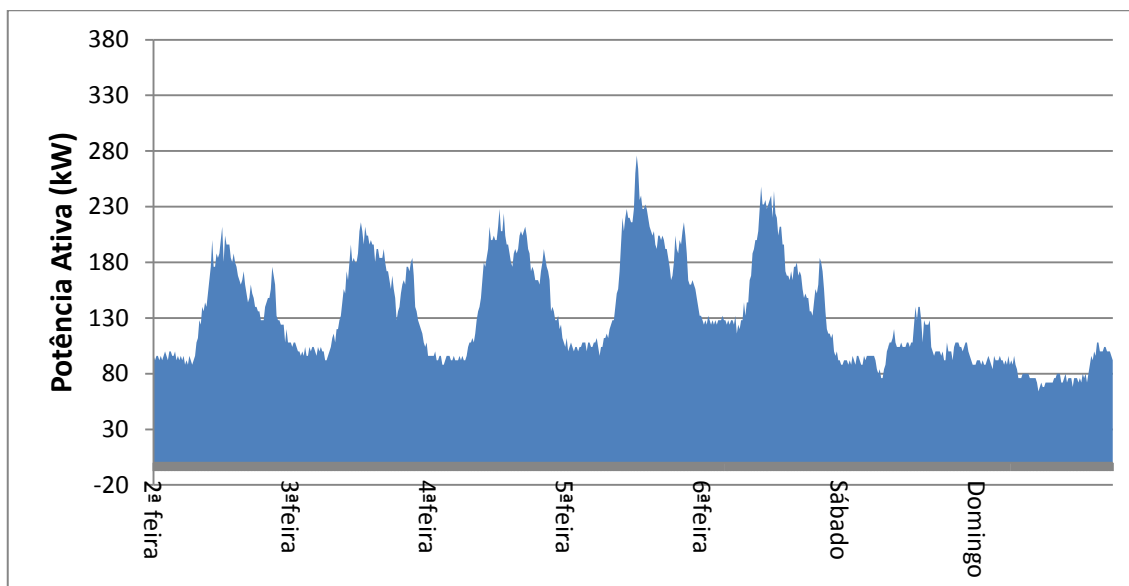


Fig. 11 - Diagrama de carga da semana de 16 a 22 de Abril de 2012 (Meia Estação).

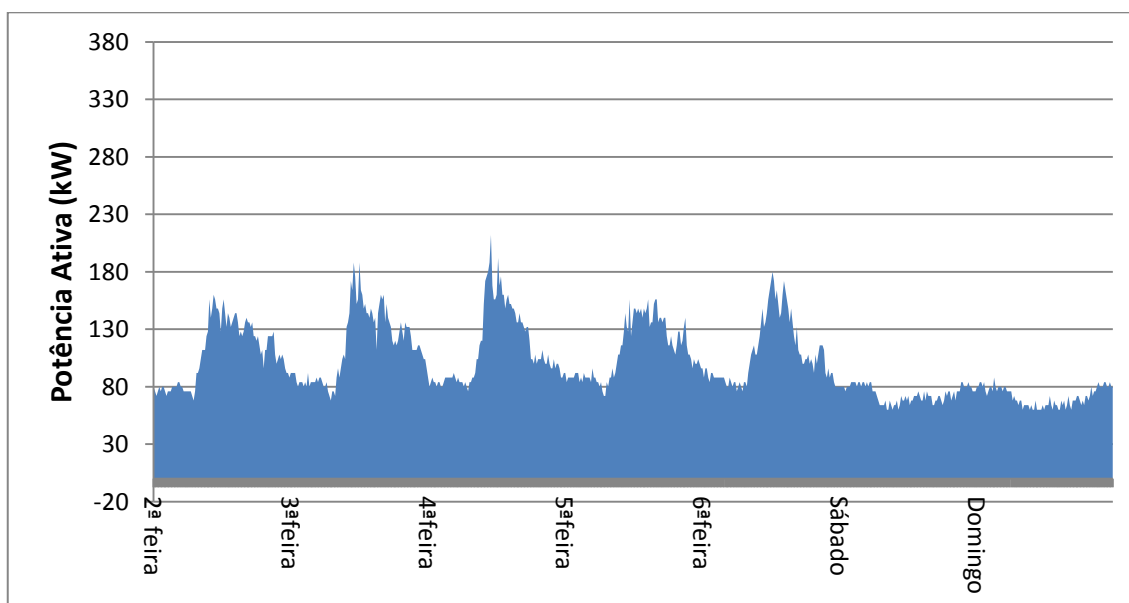


Fig. 12 - Diagrama de carga da semana de 25 de Junho a 1 de Julho de 2012 (Verão).

Analisando a relação entre os consumos globais da instalação e a época do ano, foi possível perceber que o consumo de energia no período de Inverno é francamente superior ao consumo no período de Verão e no período de meia estação.

Sendo assim, conclui-se que os equipamentos de aquecimento são responsáveis por grande parte dos gastos energéticos, e que existe uma maior necessidade de aquecimento de

espaços interiores com a chegada das temperaturas mais baixas, do que necessidade de arrefecimento dos espaços interiores quando se fazem sentir temperaturas mais altas.

Uma das razões que podem explicar isso é a própria inércia térmica dos edifícios, capaz de um melhor isolamento térmico em dias mais quentes. A juntar a isto há que ter em conta que o pico do Verão, quando eventualmente poderia haver uma maior necessidade de utilizar equipamentos de arrefecimento, coincide com o período de férias escolares, como já foi referido anteriormente.

Como é natural, verifica-se desta forma que quanto mais afastadas estão as temperaturas exteriores de temperaturas de conforto maior é a necessidade de climatização, o que se traduz numa subida do consumo de energia, realçando assim a importância que estes sistemas têm no consumo global do complexo.

4.3.2 Desagregação por período horário

O gráfico da Fig. 13 representa a desagregação dos consumos de energia por período horário.

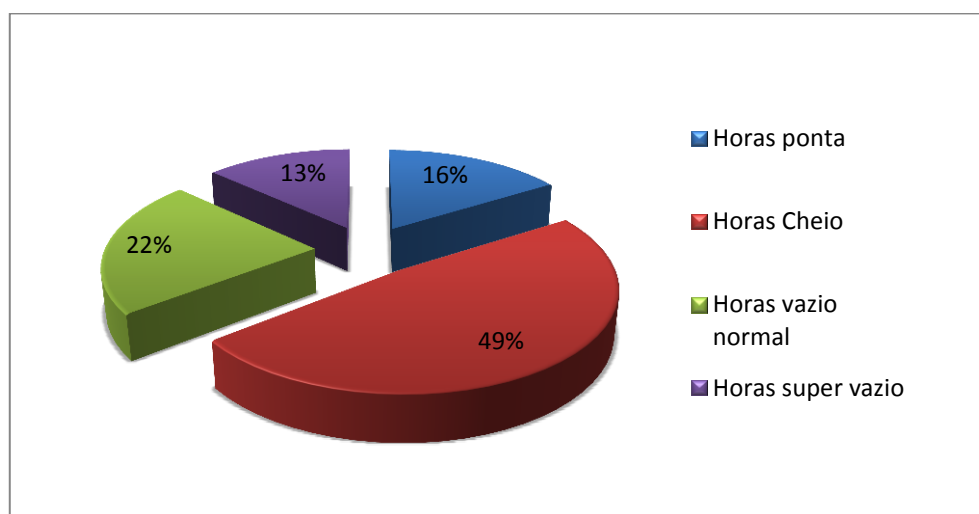


Fig. 13 - Desagregação da energia ativa por período no ano de 2012.

A partir deste gráfico podemos depreender que a maior parte do consumo se localiza no período correspondente às horas de cheio, com uma percentagem de 49%. Isto é perfeitamente compreensível uma vez que engloba precisamente as horas em que as potências ativas são maiores, e onde a taxa de ocupação da ESAC é também maior. O horário correspondente às horas de super vazio representa 13% do consumo total, o que revela um consumo de base não desprezável e vai ao encontro ao que já foi mencionado.

5. Auditoria analítica

5.1 Desagregação de consumos



Fig. 14 - Fotografia aérea do Campus da ESAC.

Como já foi mencionado anteriormente, este trabalho tem como um dos principais objetivos proceder a uma desagregação de consumos, possibilitando assim um conhecimento mais concreto da contribuição de cada local monitorizado no consumo energético total (considerando o total como a soma de todos os consumos medidos, e não como o consumo total do Campus).

Devido a dimensão da escola, não houve possibilidade de fazer uma análise a todos os espaços, pelo que o estudo se cingiu aos espaços com maior utilização de energia. Para ser possível esta análise há que salientar que foram feitas algumas considerações e aproximações. Todos os valores utilizados na desagregação de consumos foram obtidos através de monitorizações realizadas nos locais.

É importante ter em atenção que nem todos os dados foram recolhidos na mesma época do ano, o que pode levar a alguma distorção nos resultados, todavia foram as medições possíveis dado o elevado número de espaços analisados. Além disto também a duração das medições não foi igual em todos os espaços. Assim sendo, o grau de fiabilidade do processo de agregação vem

afetado das aproximações e estimativas que foi necessário fazer, tendo sido construídos os gráficos apresentados a partir de valores médios de consumos de energia diários.

5.1.1 Desagregação por Posto de Transformação (PT)

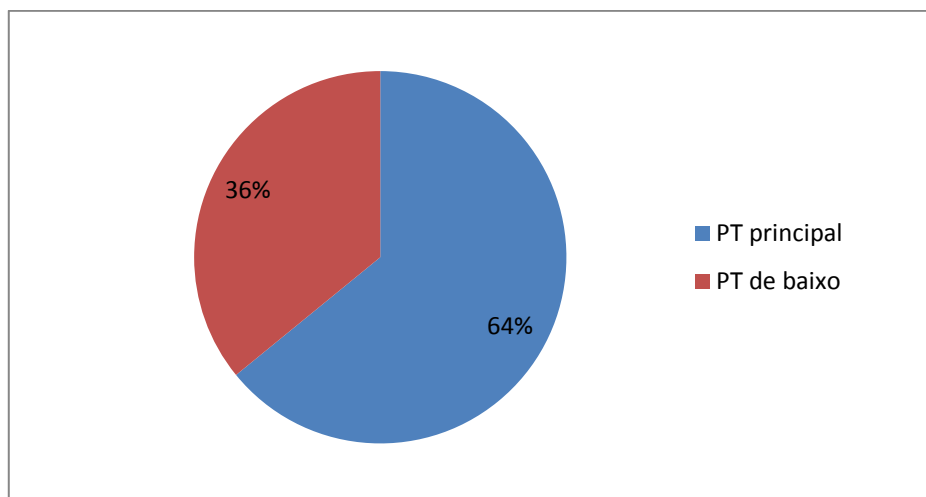


Fig. 15 - Desagregação dos consumos por PT.

Na figura acima podemos ver que de acordo com as monitorizações realizadas, o PT principal (média tensão), é responsável pela maior parte do abastecimento de energia da ESAC, uma vez que é nesta zona que se encontram quase todos os edifícios com maiores necessidades energéticas como iremos ver a seguir.

O PT de baixo assegura assim, pouco mais de um terço das necessidades de energia no Campus.

O conjunto dos locais monitorizados abastecidos pelo PT principal apresenta um consumo estimado diário de cerca de 1400 kWh. O PT de baixo que vai abastecer toda a zona de baixo da ESAC apresentou um consumo estimado diário de cerca de 785 kWh.

5.1.2 Desagregação dos consumos do PT principal

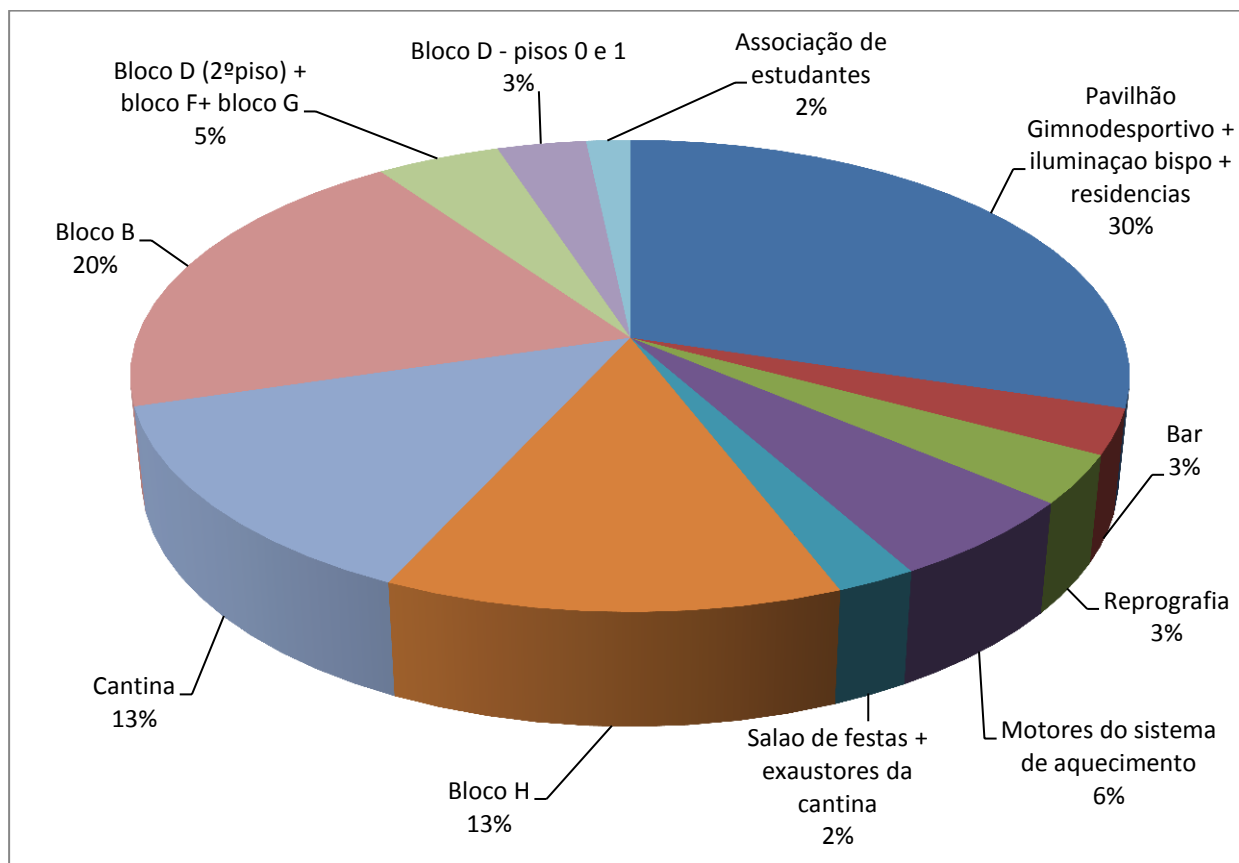


Fig. 16 - Desagregação dos consumos referentes ao PT principal.

A Fig. 16 mostra a desagregação dos consumos medidos nos diferentes locais abastecidos pelo PT principal. Observando o gráfico é possível concluir que a distribuição do consumo de energia nos diferentes locais está longe de ser uniforme, como seria de esperar.

A zona “Pavilhão Gimnodesportivo + Iluminação bispo + Residências” é a que mais contribui, representando cerca de 30% deste consumo.

O Bloco B apresenta também um consumo bastante representativo, na ordem dos 20% do total considerado.

A Cantina e o Bloco H têm contribuições equivalentes, cerca de 13% cada um.

Os Motores do sistema de aquecimento utilizam cerca de 6% da energia, e os espaços da zona “Bloco D (2º piso) + Bloco F + Bloco G” rondam os 5%.

Os restantes locais revelam consumos semelhantes e pouco significativos, que andam cada um à volta dos 2% ou 3%.

5.1.2.1 Desagregação dos consumos do Bloco B

Tendo em conta a dimensão e o consumo diário de aproximadamente 280 kWh apresentado pelo Bloco B, considerou-se fundamental descobrir quais as divisões que mais consomem dentro deste edifício.

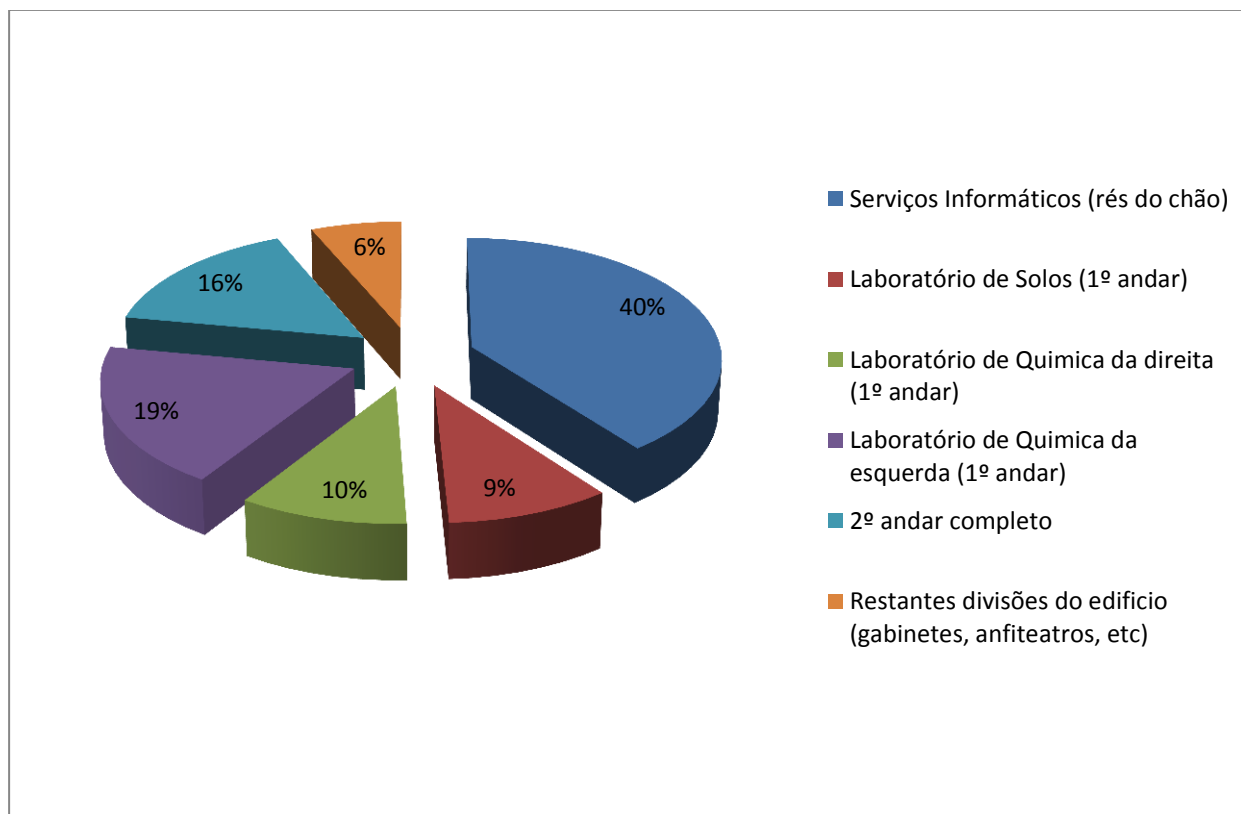


Fig. 17 - Gráfico representativo da desagregação dos consumos do Bloco B.

Utilizando os dados recolhidos em cada um dos locais, construiu-se o gráfico da Fig. 17, que nos mostra que os Serviços Informáticos situados no piso térreo são responsáveis por cerca de 40% do consumo total do Bloco B, o que é um consumo deveras assinalável.

O Laboratório de Química da esquerda, situado no 1º andar, é responsável por 19%, percentagem que ultrapassa os 16% referentes a todo o 2º andar.

No 1º andar temos ainda o Laboratório de Química da direita e o Laboratório de solos, com consumos semelhantes, a ocuparem “fatias” de 10% e 9% respetivamente.

Os espaços referidos são os que mais contribuem para o consumo neste edifício, restando uma parcela de sensivelmente 6% para todas as outras áreas do bloco.

5.1.2.2 Desagregação dos consumos do Bloco H

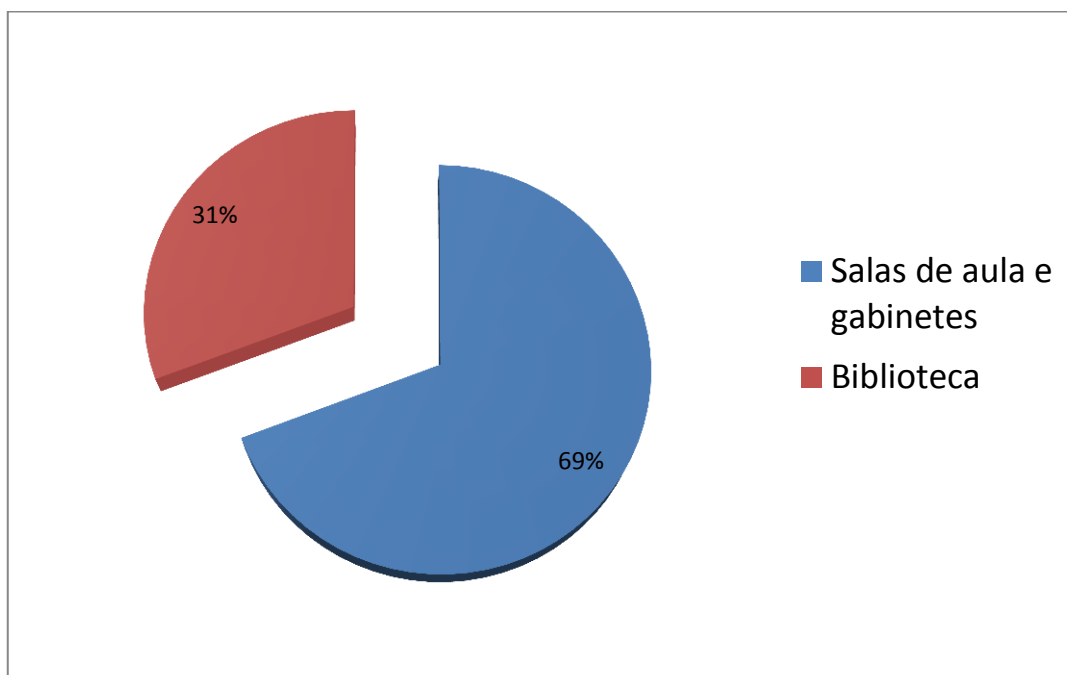


Fig. 18 - Gráfico representativo da desagregação dos consumos do Bloco H.

O Bloco H apresenta um consumo diário de aproximadamente 180 kWh.

Podemos ver através da imagem que a Biblioteca consome quase um terço de toda a energia que chega ao edifício, o que é bastante significativo.

O consumo diário de todos os restantes locais, essencialmente salas e gabinetes, representa sensivelmente 69%.

5.1.3 Desagregação dos consumos do PT de baixo

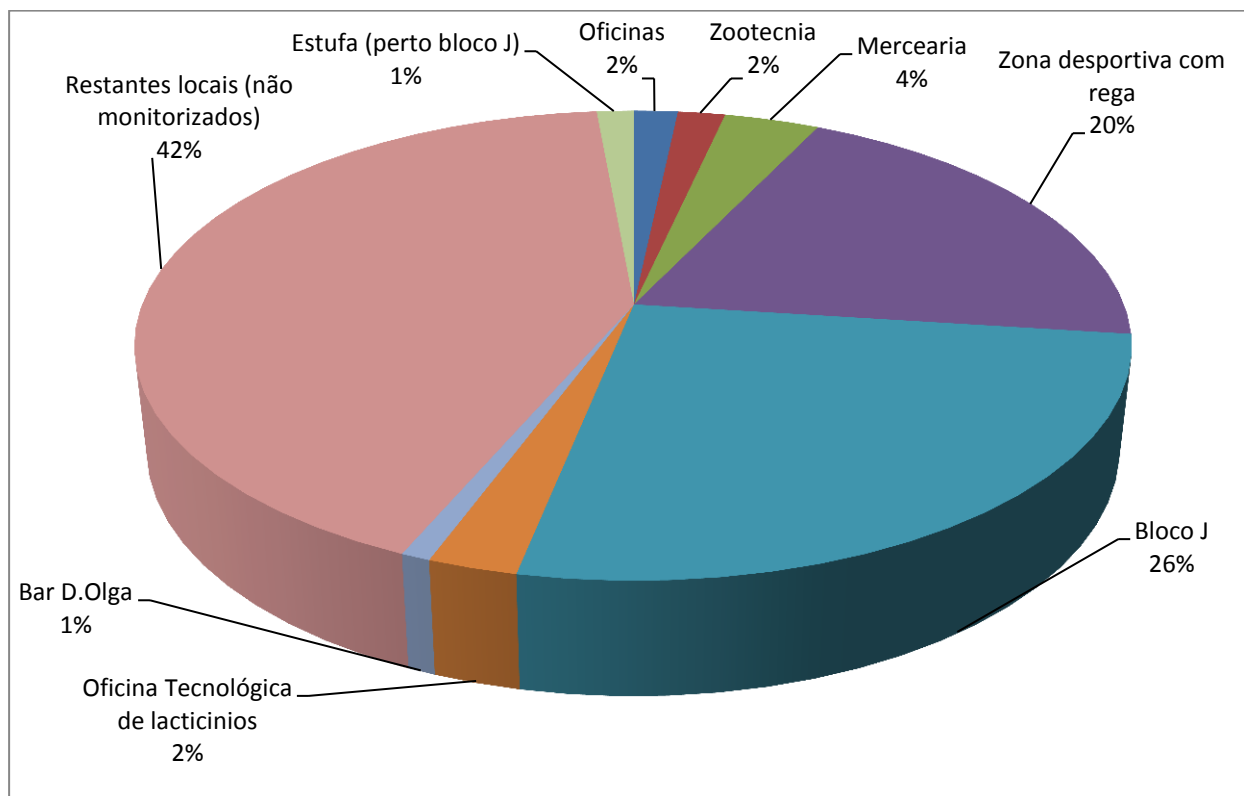


Fig. 19 - Desagregação dos consumos referentes ao PT de baixo.

Através da análise da figura anterior depreende-se que os restantes locais abastecidos por este PT que não foram monitorizados têm um papel importante no consumo de energia, representando 41% do total. Entre eles estão por exemplo, a Oficina tecnológica de hortofrutícolas, o Laboratório de fertilidade animal e o Picadeiro.

Analisando os espaços estudados, o que mais contribui é o Bloco J, no entanto seria benéfico realizar novas medições, de preferência por um período mais longo, uma vez que aparentemente não há nada que justifique os elevados valores apresentados.

Os restantes locais apresentam consumos aceitáveis, próximos do esperado, pelo que podem ser considerados fidedignos.

A zona desportiva faz uma utilização de 20% da eletricidade, o que constitui uma parte bastante considerável.

A mercearia representa uma percentagem de 4% do gráfico.

Temos também as Oficinas, a Oficina Tecnológica de Laticínios a divisão de Zootecnia, em que cada uma das áreas é “culpada” de 2% do total do consumo.

As restantes “fatias” são pouco significativas, já que quer a Estufa (perto do bloco J) quer o “Bar da D. Olga” refletem uma percentagem muito pequena, de aproximadamente 1%.

5.2 Cálculo dos Indicadores de Eficiência Energética (IEE)

Mais uma vez recorreu-se aos dados oriundos das monitorizações para fazer uma análise individual a cada um dos locais considerados de maior importância. Fez-se uma apreciação dos indicadores calculados, avaliando também os níveis de distorção harmónica, bem como possíveis desequilíbrios de tensão por fase.

Na realização desta etapa da auditoria foi utilizado o Microsoft Excel para facilitar o tratamento dos dados e permitir assim apresentar com detalhe as características importantes dos edifícios em estudo.

5.2.1 Serviços Informáticos

Tabela 2 - Indicadores dos Serviços Informáticos.

Indicadores	
Potência média (W)	4600
Potência máxima (W)	10576
Fator de Carga	0,44
Potência média em vazio (W)	4020
Consumo diário (kWh)	110,4

As medições a que se referem os dados foram feitas no período de 13 a 20 de Março. Os valores da Potência média e Potência máxima estão dentro do esperado, dado o tipo de equipamentos existentes neste espaço.

Nota-se que a potência média em vazio (00h-07h) está próxima da potência média, o que leva a concluir que há muitos equipamentos que estão permanentemente ligados.

O Fator de carga (Pot. Média / Pot. Máx) é algo baixo, pois as potências médias (a global e a de horas em vazio) são relativamente próximas, o que quer dizer que a potência máxima foi um valor pontual.

Não há desequilíbrio de fases, e os valores da distorção harmónica de tensão rondam os 4%, o que é aceitável.

5.2.2 Laboratório de Química da direita

Tabela 3 - Indicadores referentes ao Laboratório de Química da direita.

Indicadores	
Potência média (W)	1138
Potência máxima (W)	2748
Fator de Carga	0,41
Potência média em vazio (W)	934
Consumo diário (kWh)	27,3

A monitorização efectuada entre 4 e 12 de Abril.

A potência média neste Laboratório é relativamente próxima da potência máxima e ainda mais próxima da potência média em vazio. Isto revela que não há grandes picos de consumo e que há equipamentos ligados permanentemente.

Quanto aos níveis de distorção harmónica são um pouco mais altos dos que na maioria dos locais já que variam entre 3,6 e 5,6%, contudo ainda não são valores que mereçam uma atenção especial.

5.2.3 Laboratório de Química da esquerda

Tabela 4 - Indicadores do Laboratório de Química da esquerda.

Indicadores	
Potência média (W)	2177
Potência máxima (W)	10301
Fator de Carga	0,21
Potência média em vazio (W)	1469
Consumo diário (kWh)	52,3

Os dados para este espaço foram recolhidos também entre os dias 4 e 12 de Abril.

Observa-se uma diferença clara entre a potência média e a potência máxima, mostrando que há picos de consumo de eletricidade nesta área.

Também se pode concluir através dos valores de potência média em vazio que há vários equipamentos a consumirem energia de forma continuada.

5.2.4 Bloco B -2º andar

Tabela 5 - Indicadores correspondentes ao Bloco B (2º andar completo).

Indicadores	
Potência média (W)	1818
Potência máxima (W)	11302
Fator de Carga	0,16
Potência média em vazio (W)	1342
Consumo diário (kWh)	43,6

A monitorização neste andar foi feita entre 20 de Março e 4 de Abril.

Constata-se uma grande diferença entre a potência média e a potência máxima, significando que há picos de consumo bastante evidentes, o que resulta num fator de carga muito baixo.

Não são necessários grandes cuidados quanto aos valores de distorção harmónicos, e também não foram registados significativos desequilíbrios quanto à tensão por fases.

5.2.5 Reprografia

Tabela 6 - Indicadores referentes à Reprografia.

Indicadores	
Potência média (W)	1946
Potência máxima (W)	19593
Fator de Carga	0,10
Potência média em vazio (W)	797
Consumo diário (kWh)	46,7

Dados pertencentes ao período de 11 a 20 de Março.

Como se pode ver a diferença entre a potência média e a potência máxima é enorme, o que pode ser explicado pelo uso ocasional de equipamentos com grandes necessidades energéticas, que provocam picos de consumo.

Os valores de distorção harmónica não são problemáticos, pois localizam-se sempre entre 2 e os 3%.

5.2.6 Bar

Tabela 7 - Indicadores respeitantes ao bar.

Indicadores	
Potência média (W)	1802
Potência máxima (W)	8364
Fator de Carga	0,22
Potência média em vazio (W)	708
Consumo diário (kWh)	43,2

Os dados referem-se ao período de 19 a 26 de Abril. Este local apresenta os valores esperados no que diz respeito a potência média, máxima e potência média em vazio. Este último ainda é um valor significativo, devido a alguns equipamentos que estão continuamente ligados, como por exemplo as arcas frigoríficas.

Não se observam desequilíbrios de fases e os valores de distorção harmónica também são baixos, a rondarem os 2,5%.

5.2.7 Biblioteca

Tabela 8 - Indicadores que dizem respeito à Biblioteca.

Indicadores	
Potência média (W)	2288
Potência máxima (W)	6998
Fator de Carga	0,33
Potência média em vazio (W)	124
Consumo diário (kWh)	54,9

A monitorização na cantina feita entre os dias 29 de Abril a 6 de Maio.

Nota-se que há algum cuidado em desligar a maior parte dos equipamentos aquando do encerramento da Biblioteca pois a potência média em vazio calculada foi de apenas 123,91W.

Não existem complicações relativas às harmónicas, que se situam geralmente entre os 2 e os 4%.

5.2.8 Bloco D – piso 0 + piso 1

Tabela 9 - Indicadores do piso 0 e do piso 1 do Bloco D.

Indicadores	
Potência média (W)	1963
Potência máxima (W)	7052
Fator de Carga	0,28
Potência média em vazio (W)	1415
Consumo diário (kWh)	47,1

Foi realizada uma monitorização global aos dois primeiros pisos do Bloco D, entre os dias 17 e 24 de Maio.

Nada há a salientar quanto aos valores encontrados para os diversos indicadores, nem quanto aos níveis das harmónicas, que têm um mínimo de 1,3% e um máximo de 4,1%.

5.2.9 Bloco D (piso 2) + Bloco G + Bloco F

Tabela 10 - Indicadores do 2º piso do bloco D + Bloco G (todo) + Bloco F (todo).

Indicadores	
Potência média (W)	2733
Potência máxima (W)	7876
Fator de Carga	0,35
Potência média em vazio (W)	1493
Consumo diário (kWh)	65,6

A recolha destes valores aconteceu entre o dia 17 de Maio e o dia 24 do mesmo mês.

Os valores de potência parecem aceitáveis e a distorção harmónica varia entre os 1,3 e os 4,1 pontos percentuais, o que não é grave. Mais uma vez não se verificaram desequilíbrios de fases.

5.2.10 Bloco J

Tabela 11 - Indicadores do Bloco J.

Indicadores	
Potência média (W)	8540
Potência máxima (W)	17056
Fator de Carga	0,5
Potência média em vazio (W)	5268
Consumo diário (kWh)	204,9

Apesar dos dados deste edifício terem sido considerados, os valores de potência medidos são bastantes mais elevados do que seria expectável. Seria aconselhável proceder a nova monitorização neste local para nova recolha de informação, uma vez que o período de monitorização foi de apenas 24 horas.

5.2.11 Estufa (perto bloco J)

Tabela 12 - Indicadores referentes à Estufa.

Indicadores	
Potência média (W)	465
Potência máxima (W)	2068
Fator de Carga	0,23
Potência média em vazio (W)	0
Consumo diário (kWh)	11,2

As informações da tabela anterior foram recolhidas com base em monitorizações feitas entre 10 e 17 de Maio.

Neste local, todos os parâmetros estão dentro do esperado. Verifica-se que a potência média em vazio é nula, devendo-se esse facto ao desligamento geral todos os dias das 20h às 8h da manhã (nos 7 dias de monitorização).

5.2.12 Cantina

Tabela 13 - Indicadores correspondentes à Cantina.

Indicadores	
Potência média (W)	7892
Potência máxima (W)	31528
Fator de Carga	0,25
Potência média em vazio (W)	5861
Consumo diário (kWh)	189,4

As medições na cantina foram feitas entre os dias 24 e 31 de Maio.

Depreende-se pelos valores da potência média e máxima que há cargas que são utilizadas esporadicamente, mas no entanto têm um consumo energético bastante elevado.

Mais uma vez não há problemas de desequilíbrios de fases, nem de harmônicos, já que estes andam entre os 2,5 e os 4,5 pontos percentuais, o que ainda não é preocupante.

5.2.13 Pavilhão Gimnodesportivo + iluminação bispo + residências

Tabela 14 - Indicadores correspondentes à zona “Pavilhão Gimnodesportivo + iluminação bispo + residências

Indicadores	
Potência média (W)	17340
Potência máxima (W)	38720
Fator de Carga	0,45
Potência média em vazio (W)	25198
Consumo diário (kWh)	416,2

A monitorização conjunta destas zonas foi feita entre os dias 29 de Abril e 6 de Maio. Os valores encontrados para as potências média e máxima são compreensíveis, assim como o fator de carga dependente destes.

Salta à vista que o valor da potência média em vazio é superior à potência média, o que provavelmente significa que a iluminação exterior e as residências são responsáveis por uma parte muito significativa deste consumo.

Não há razão para preocupações em termos de desequilíbrios de fases, e os valores de distorção harmónica raramente ultrapassam os 3%, o que também não constitui problema.

5.2.14 Zona desportiva

Tabela 15 - Indicadores referentes à zona desportiva.

Indicadores	
Potência média (W)	6492
Potência máxima (W)	37891
Fator de Carga	0,17
Potência média em vazio (W)	1374
Consumo diário (kWh)	155,8

A monitorização a esta zona foi realizada entre os dias 6 de Maio e 17 de Maio.

Os valores de potência parecem razoáveis, não havendo nada a assinalar quanto aos valores correspondentes aos indicadores considerados.

Não foram encontrados problemas no que toca a desequilíbrios de fases, no entanto não se pode dizer o mesmo em relação aos valores de distorção harmónica, que andam

maioritariamente na ordem dos 10%, chegando mesmo a atingir um máximo de 15,6%, o que pode ser preocupante pois harmónicas altas podem ser bastante prejudiciais ao funcionamento de certos equipamentos.

Entre as suas principais consequências estão: aquecimentos excessivos, disparo de dispositivos de protecção, aumento da queda de tensão, mau funcionamento de equipamentos electrónicos e aumento das perdas [7]. É por isso uma situação a ser analisada com mais atenção.

5.2.15 Oficina Tecnológica de Laticínios

Tabela 16 - Indicadores da Oficina Tecnológica de Laticínios.

Indicadores	
Potência média (W)	810
Potência máxima (W)	3496
Fator de Carga	0,23
Potência média em vazio (W)	1001
Consumo diário (kWh)	19,4

A Oficina de Laticínios foi monitorizada desde 24 até 31 de Maio.

É importante frisar que a Potência média em vazio é superior à potência média, o que significa que há maior utilização de energia durante o período da noite.

Não há desequilíbrio de fases, no entanto parece haver um problema de distorção harmónica, já que variam entre os 10 e os 14,3%, o que pode ter consequências nefastas, como já anteriormente foi referido.

5.2.16 Zootecnia

Tabela 17 - Indicadores respeitantes à área da Zootecnia.

Indicadores	
Potência média (W)	592
Potência máxima (W)	6372
Fator de Carga	0,09
Potência média em vazio (W)	261
Consumo diário (kWh)	14,2

Monitorização realizada entre 8 e 29 de Julho.

De notar apenas o fator de carga invulgarmente baixo, mas que neste caso se pode considerar normal atendendo ao tipo de utilização do local. Verifica-se que não há um grande consumo permanente mas ocasionalmente são ligadas cargas com potências consideráveis.

A voltagem por fase está equilibrada e as harmónicas variam entre os 1,5 e os 2,5 pontos percentuais, o que também não representa problema.

5.2.17 Motores do sistema de aquecimento

Tabela 18 - Indicadores referentes aos Motores do sistema de aquecimento.

Indicadores	
Potência média (W)	3329
Potência máxima (W)	3488
Fator de Carga	0,96
Potência média em vazio (W)	3287
Consumo diário (kWh)	79,9

Os valores mostrados na tabela anterior foram recolhidos entre 6 e 13 de Março.

O Fator de carga é bastante alto, pois a potência média está muito próxima da potência máxima, querendo isto dizer que os níveis de utilização de energia são regulares, não apresentando picos de consumo.

Não se verificaram desequilíbrios de fases, nem problemas de harmónicas, que rondam os 3%.

6. Medidas de racionalização de consumo

Não sendo o propósito principal deste trabalho, e tendo em conta o tipo de contacto estabelecido com as instalações não torna possível apresentar alternativas muito detalhadas, mas ainda assim é essencial referir algumas medidas de racionalização que tenham o intuito de diminuir o consumo energético.

A iluminação é sem dúvida uma das mais importantes necessidades energéticas na ESAC. Por vezes conseguem-se poupanças com uma melhor desagregação dos circuitos de iluminação por setores, para que se acendam somente as luzes do espaço a ser utilizado.

Seria positivo proceder à substituição das lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas, pois para um nível idêntico de iluminação poupam até 80% de energia e duram 8 vezes mais. Colocar reguladores de intensidade luminosa eletrónicos e trocar os balastros ferromagnéticos por balastros eletrónicos também contribuiria para a poupança de eletricidade [8].

Há imensos sítios onde a instalação de sensores de movimento seria vantajosa, para que as luzes se acendam e apaguem automaticamente em função da presença de pessoas. A Biblioteca por exemplo seria um desses locais, pois a iluminação na zona dos livros está continuamente ligada, por vezes sem qualquer necessidade. A longo prazo o investimento iria com certeza compensar.

Verificou-se também que no corredor do Bloco H existem três clarabóias que poderiam ser limpas e evitar assim o uso de iluminação artificial nessa local sempre que a luz natural o permita.

Nos laboratórios de investigação em geral constatou-se que existem vários equipamentos antigos e pouco eficientes que podem estar a contribuir para um aumento no consumo. Fazer manutenção periódica e adequada dos equipamentos é fundamental pois ajuda a manter a sua vida útil e a reduzir o consumo energético.

Como foi visto anteriormente, a utilização de equipamentos de climatização tem um papel fulcral no consumo. Estes equipamentos poderão estar a ser usados em demasia em situações não justificáveis e é da máxima importância que, em conjunto, todos os que frequentam o Campus se esforcem para contrariar essa tendência. Estes equipamentos devem ser regulados ou mesmo desligados sempre que possível, pois as necessidades de aquecimento nos

edifícios são inconstantes. Campanhas de sensibilização são essenciais para alertar as pessoas para a necessidade de poupança.

Como é sabido, um isolamento térmico adequado é determinante para minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior de um edifício. Desta forma, é vital corrigir situações em que este se revele pouco eficiente. Quanto a esta questão verificou-se que há espaços que nos meses mais frios são constantemente aquecidos e onde a capacidade de isolamento é muito fraca. O átrio do bloco G é um desses exemplos, pois as vidraças têm pouca capacidade de vedação.

7. Conclusão

A elaboração desta dissertação veio mais uma vez comprovar a importância das Auditorias Energéticas, pois através deste tipo de processos consegue-se uma caracterização da utilização de energia. Ao longo deste trabalho foram tiradas várias conclusões que serão expostas seguidamente.

O fato de haver somente uma fatura de energia elétrica para todo o complexo, faz com que haja necessidade de conhecer onde e quando são feitos os consumos para se poder atuar de forma adequada e consciente.

Com a realização da auditoria energética na ESAC conclui-se que o consumo de energia e encargos com a mesma, são bastante elevados, fundamentalmente nos meses mais frios e nos meses mais quentes. Este fato é justificado pela maior utilização de equipamentos para climatização nestas alturas, nomeadamente, aquecedores e ares condicionados, entre outros. Analisando as potências base é legítimo pressupor que há diversas cargas que ficam ligadas longos períodos de tempo, especialmente no Inverno.

Ficou provado que a maioria dos consumos ocorre nas horas cheias, o que se compreende facilmente, pois corresponde ao período em que a utilização do Campus é maior.

Quanto à energia reativa, é possível afirmar que esta se encontra compensada, já que os custos anuais com a mesma são bastante reduzidos. Ainda assim, é aconselhável analisar esta situação com mais rigor, atendendo aos valores faturados nos meses de Verão.

A desagregação de consumos mostrou que os maiores responsáveis pelo consumo de energia no complexo são, a zona “Pavilhão Gimnodesportivo + iluminação bispo + residências”, a Cantina, a zona desportiva e os Serviços informáticos situados no rés-do-chão do Bloco B.

A análise particular dos locais estudados permitiu concluir que há vários locais onde existem cargas causadoras de picos de consumo. Não se encontraram desequilíbrios de tensão significativos e na maioria deles também não foram detetados problemas de distorção harmónica, no entanto esta situação revelou-se algo preocupante na “Zona desportiva” e no “Laboratório de Laticínios”, pelo que a condição destes espaços deve ser revista com cuidado.

Durante este trabalho foram também recomendadas algumas medidas que se destinam a reduzir o consumo de eletricidade. Como já foi dito, no que toca à iluminação seria favorável instalar sensores de movimento sempre que isso se justifique e além disso privilegiar o uso da luz natural em detrimento da luz artificial sempre que seja possível. Além disto, é da máxima

importância consciencializar as pessoas da relevância que os sistemas de aquecimento têm no gasto energético, devendo ser feitas todas as reduções possíveis que não se traduzam numa redução do conforto.

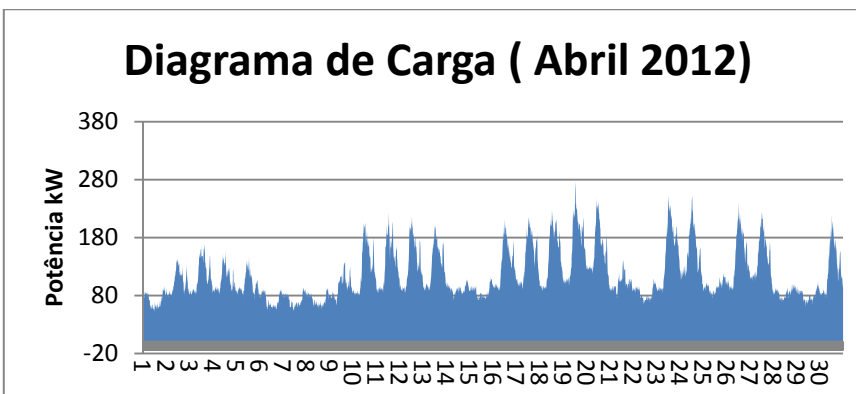
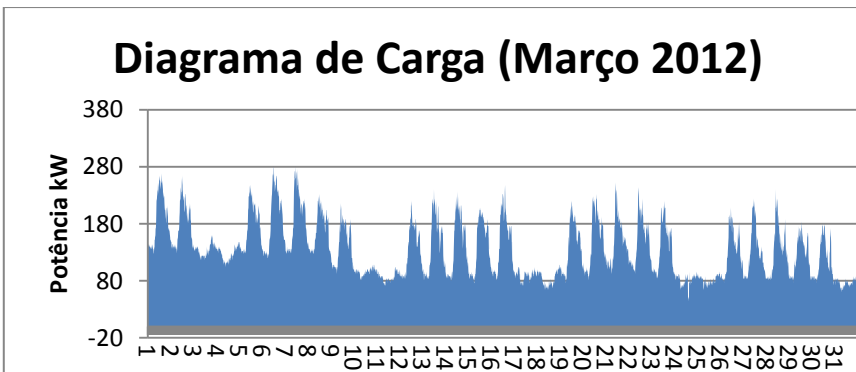
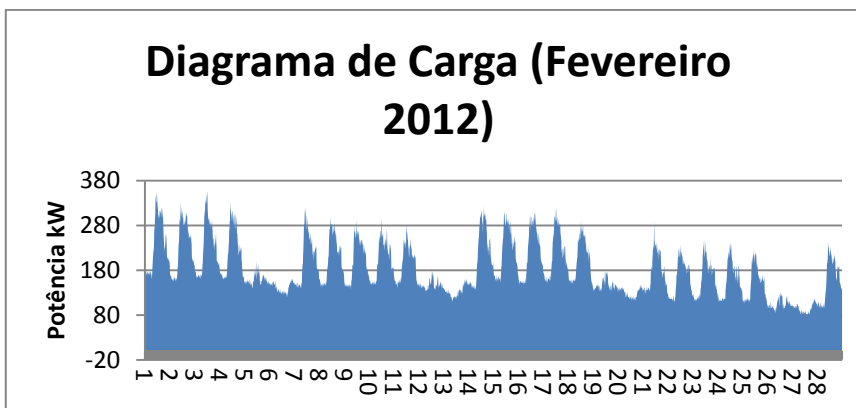
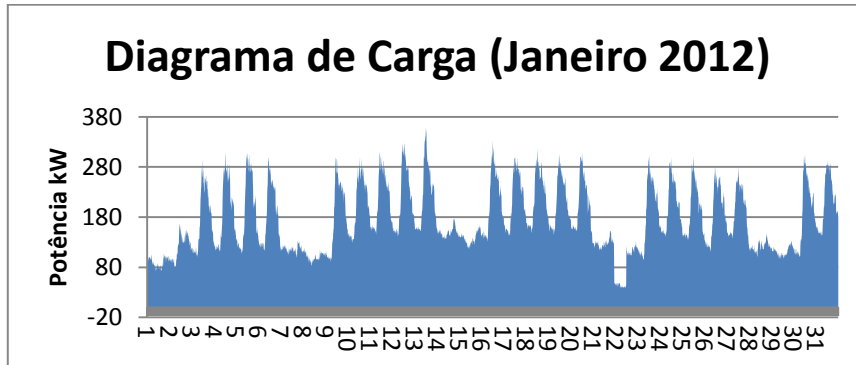
O uso correto da energia é uma responsabilidade de todos e saber como fazê-lo de forma racional tornará o nosso planeta mais sustentável. Os consumos otimizados de energia, conseguidos muitas vezes através de pequenos gestos permitem reduzir a fatura energética significativamente.

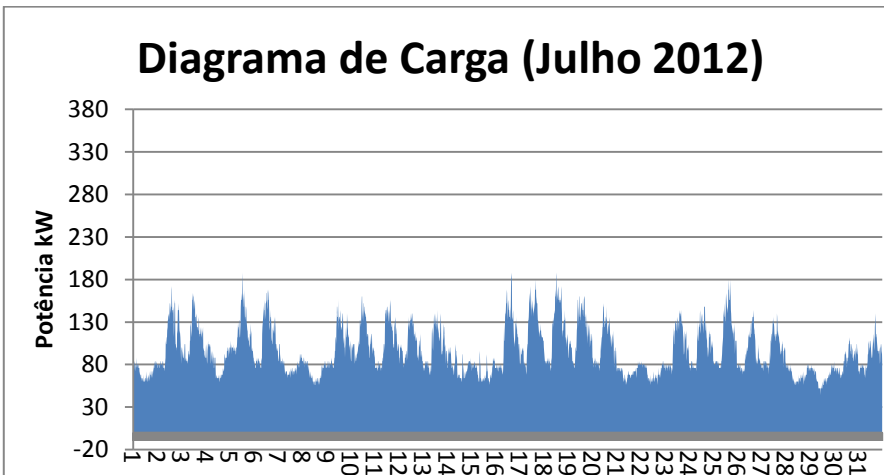
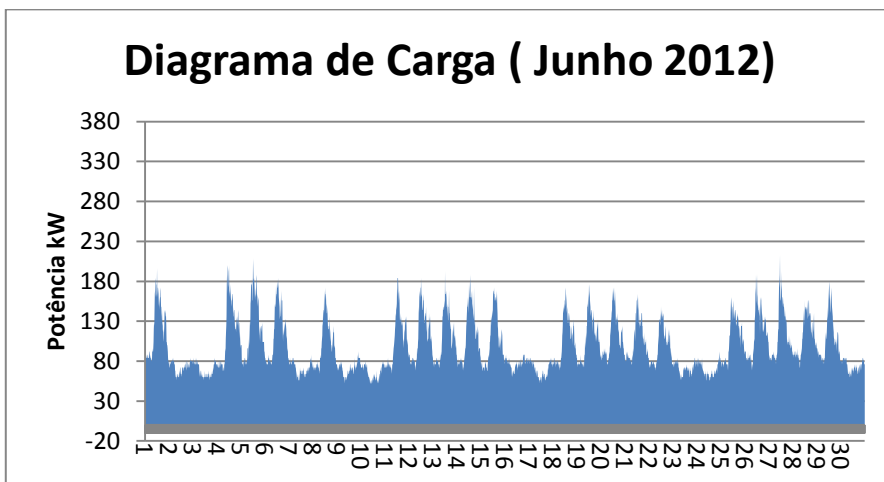
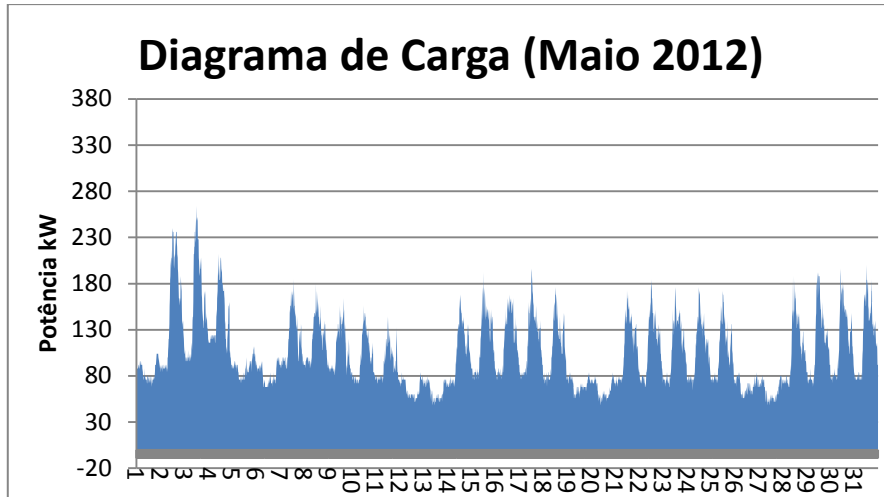
Bibliografia

- [1] - EDP. *Auditoria Energética*. Último acesso em 6 de Novembro de 2012; [Online]: www.edp.pt.
- [2] - Almeida, Aníbal Traça Carvalho de; Gomes, Álvaro; Patrão, Carlos; Ferreira, Fernando; Marques, Lino; Fonseca, Paula; Behnke, Rayner, *Manual Técnico de Gestão de Energia*. Coimbra: DEEC – FCTUC
- [3] – Decreto-Lei n.º 78/2006, *Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar interior nos Edifícios (SCE)*. Diário da República, 1ª série – A – nº 67, 2006.
- [4] – Decreto-Lei n.º 79/2006, *Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios (RSECE)*. Diário da República, 1ª série – A – nº 67, 2006.
- [5] - Decreto-Lei n.º 80/2006, *Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE)*. Diário da República, 1ª série – A – nº67, 2006.
- [6] - Portal da ESAC (2012). Escola Superior Agrária de Coimbra, Apresentação. [Online] <http://portal.esac.pt/portal/portal/sobreESAC/apresentacao>
- [7] - Jorge, Humberto; *Qualidade de Energia – Harmónicas*. DEEC - FCTUC
- [8] - ADENE, *Guia da Eficiência Energética* (2012).
[Online] http://www.adene.pt/pt-pt/Publicacoes/Documents/GuiaEE_v1303.pdf

Apêndices

Diagramas de Carga Mensais





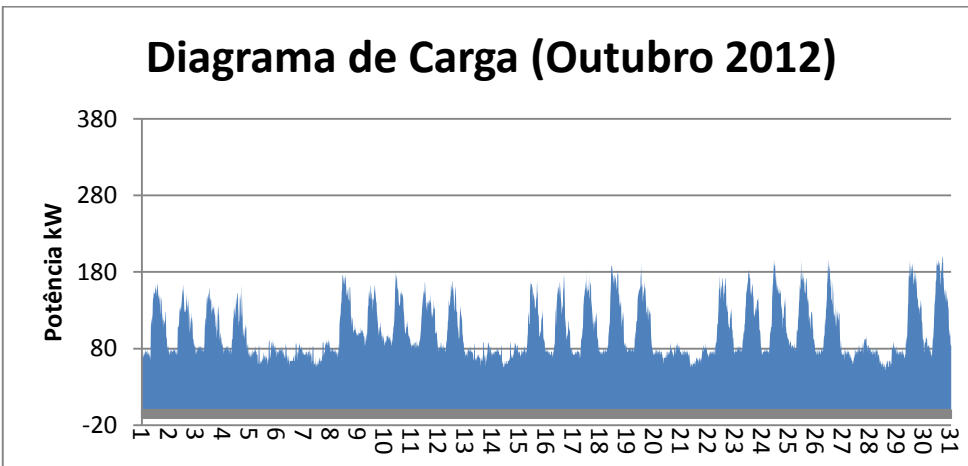
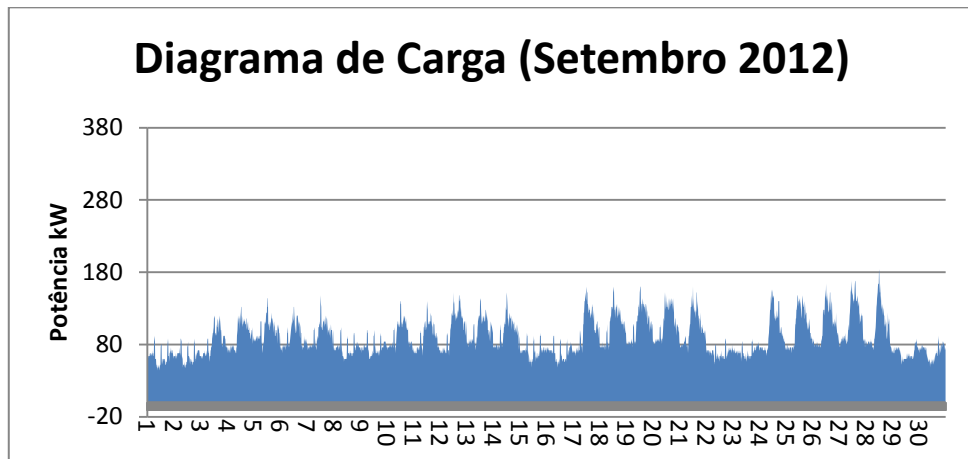
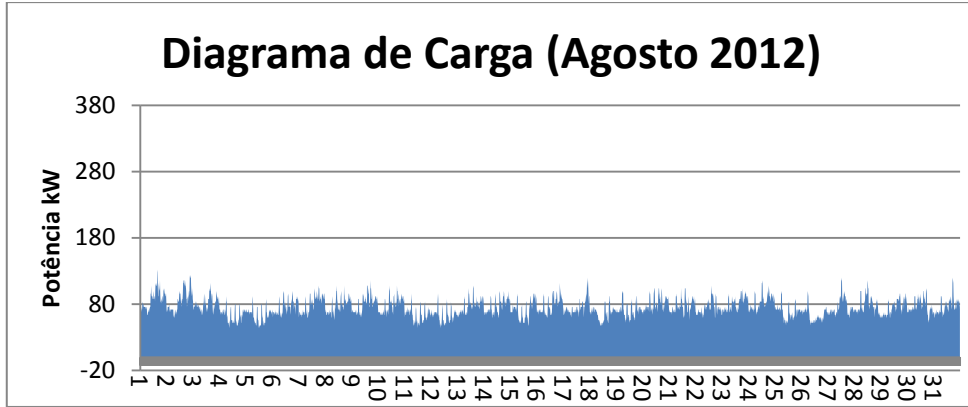


Diagrama de Carga (Novembro 2012)

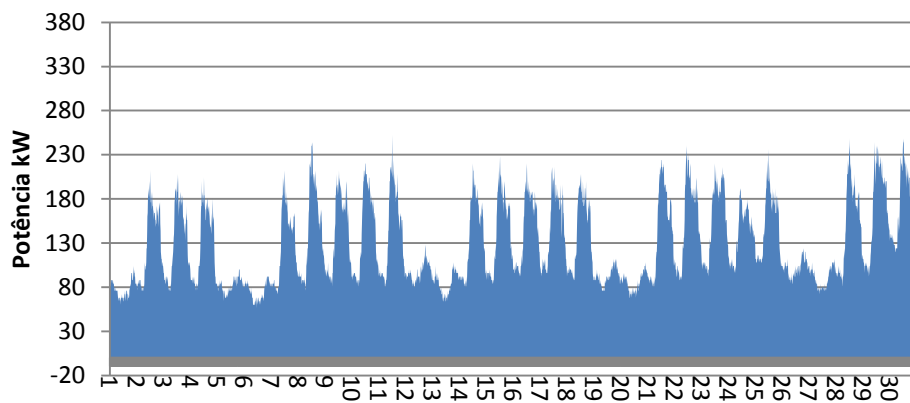


Diagrama de Carga (Dezembro 2012)

