

UNIVERSIDADE DE COIMBRA

João Almeida Nunes de Brito Dias

**Plano de Racionalização do Consumo de Energia de um edifício do
Pólo II - Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de
Computadores**

Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Coimbra, Fevereiro de 2015



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Plano de Racionalização do Consumo de Energia de um edifício do Pólo II

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores



Laboratório de Gestão de
Energia

Aluno: João Almeida Nunes Brito Dias

Presidente do Júri: Professor Doutor António Paulo Mendes Breda Dias Coimbra

Orientador: Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Vogal: Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes

Coimbra, Fevereiro de 2015

“ O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário ”

Albert Einstein

Agradecimentos

Dirijo em primeiro lugar os meus agradecimentos à minha família, em particular aos meus pais e irmãos, por todo o carinho e apoio incondicional que me têm dado ao longo dos meus 24 anos e sem os quais eu nunca teria conseguido alcançar o fim desta jornada.

Aos meus orientadores, Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge e Professor Doutor António Manuel de Oliveira Gomes Martins, pelo acompanhamento incansável, pela disponibilidade e por todas as sugestões que me ajudaram a melhorar significativamente o meu trabalho.

Gostaria de deixar um agradecimento especial à minha namorada Sofia Meireles, por todo o afeto, pelos conselhos e palavras motivadoras que, desde que a conheço, me têm ajudado a melhorar enquanto pessoa, mas também como aluno e futuro profissional. A ela, o meu sincero obrigado!

Por último, gostaria de agradecer a todos os meus amigos e colegas que acompanharam de perto o meu percurso universitário e me proporcionaram grandes momentos, dos quais eu nunca me irei esquecer.

Resumo

O tema da dissertação nasceu da iniciativa do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores e do Serviço de Gestão do Edificado da Administração da Universidade de Coimbra e pretende dotar o gestor técnico do edifício de um documento que permita planear a execução de medidas de racionalização de consumos que conduzam a uma utilização eficiente de energia, tornando o campus universitário cada vez mais sustentável.

O Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PRCE) é um instrumento de gestão com medidas de redução de consumo de energia, elaborado a partir de informação sobre a forma como é consumida a energia no edifício, sendo a partir desta que são propostas as medidas para o edifício para o cumprimento das metas relativas aos indicadores energéticos. O PRCE foi estruturado de acordo com a legislação sobre Sistemas de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, que consta no decreto-lei n.º71/2008. A elaboração do plano passou por várias etapas, entre elas destacam-se a familiarização com as instalações, a monitorização de consumos, os testes piloto da exequibilidade das medidas e estruturação dos planos de implementação das medidas de racionalização.

Durante a familiarização com as instalações foram identificadas algumas das medidas de racionalização desenvolvidas no plano, armazenados registos fotográficos do estado dos quadros elétricos (salas e *courettes* técnicas) e realizado um levantamento da área útil e potência instalada de todos os espaços. As monitorizações decorreram no período de aulas e permitiram adquirir informações importantes sobre os consumos energéticos do edifício. Na etapa dos testes piloto, foi testada a viabilidade de execução das medidas identificadas nas etapas anteriores, com o fim de consolidar as bases de “*know-how*” para progredir para a estruturação dos planos de implementação. Os planos de implementação das medidas foram estruturados para conter toda a informação necessária para a implementação das soluções.

A temática abordada por esta dissertação tem uma importância crucial na contribuição de um campus universitário mais sustentável, dado que é a primeira do género a ser realizada num edifício da Universidade de Coimbra, sendo expectável que num futuro próximo mais planos de racionalização serão elaborados e que consolidem a metodologia de elaboração de PRCE. É uma intenção construir um manual de preparação de PRCE com base na metodologia apurada capaz de ser exportado para mais campus universitários

Palavras-chave:

Plano de Racionalização de Consumo de Energia, Medidas de Racionalização de Energia, Consumo Específico de Energia, Plano de Medição & Verificação, Metas e Energia Elétrica.

Abstract

The dissertation theme was an initiative of Department of Electrical and Computer Engineering and Built Management Service Administration of University of Coimbra. It aims to provide the building manager a document which specifies good energy-efficient practices. The document will improve the university campus to be more sustainable.

Energy Consumption Rationalization Plan is a manual with energy consumption reduction solutions made from energetic building information and from established goals related to energy indicators. The PRCE was structured following legal directives of Management Systems of Intensive Energy Consumption, in the law-decree n°71/2008.

The preparation of the plan went through for several stages, among them, stand out to become familiar with the facilities, monitoring, the pilot testing of feasibility of the solutions and implementation structure of the solutions.

During the familiarization with the facilities some of the rationalization solutions developed on the plan were identified, pictures of the electrical panels conservation status were taken and a survey of useful area and installed capacity of all the classrooms was carried out. The monitoring occurred during the past semester in classes period which allowed to acquire information of the building's energetic consumption. In stage of pilot-tests, the feasibility of the identified solutions was tested, to consolidate the bases of "know-how" in order to progress to the structuring of the implementation plans. The implementation plans were structured to contain all the information needed to implement the solutions.

The theme of the dissertation is an important contribution for a sustainable university campus, since it is the very first of its kind to be made in an University of Coimbra's building, which will hopefully result in the elaboration of additional rationalization plans resulting in consolidating methods and allow a PRCE preparation manual that could be used in other university campuses.

Keywords:

Rationalization Plan for Energy Consumption, Energy Conservation Measure, Specific Energy Consumption, Measurement and Verification Plan, Goals and Electricity.

Índice

Lista de Figuras	iii
Lista de Tabelas.....	iv
Abreviaturas e Símbolos.....	v
1. Introdução.....	2
1.1. Apresentação.....	2
1.2. Objetivos.....	2
1.3. Estrutura do documento	3
2. Enquadramento.....	5
2.1. Plano de Racionalização de Consumos de Energia.....	5
2.1.1. Indicadores energéticos do plano de racionalização de consumo de energia.....	6
2.1.2. Consumo específico de energia	6
2.1.3. Intensidade Carbónica	6
2.1.4. Metas relativas ao consumo específico e intensidade carbónica	7
2.2. Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético.....	7
2.2.1. Introdução.....	7
2.2.2. Planos de Medição e Verificação do desempenho energético.....	8
2.2.3. Conceção do plano M&V	8
2.2.4. Cálculo de poupança	9
2.2.5. Definição de períodos de consumo e fronteiras de medição	9
2.2.6. Opções IPMVP.....	10
3. Caracterização do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores	15
3.1. Estrutura do edifício.....	15
3.2. Situação contratual do Departamento	16
3.3. Evolução do consumo de energia ativa.....	16
3.4. Faturação anual	18
3.5. Análise de Consumos do Departamento	19
3.5.1. Desagregação do consumo por torre	19
3.5.2. Desagregação dos consumos por piso	21
3.6. Sazonalidade	22
4. Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PRCE)	25
4.1. Identificação do edifício.....	25
4.2. Consumo mensal e anual em eletricidade, no ano referência	25
4.3. Consumo específico de energia no ano referência	26
4.4. Intensidade Carbónica no ano de referência	27
4.5. Cálculo das metas de redução do consumo específico de energia, nos anos de vigência do PRCE	27

4.6. Medidas de Racionalização de Energia (MRE)	28
4.6.1. Desagregação dos circuitos de iluminação dos laboratórios – LGE, LEP e LSE.....	29
4.6.2. Otimização do sistema de iluminação da caixa de escadas das torres R, S e T.....	31
4.6.3. Substituição de tecnologia do sistema de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1.....	33
4.6.4. Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores.....	34
4.6.5. Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação	36
4.6.6. Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos	37
4.7. Cálculos energéticos e económicos.....	40
4.8. Cronograma de implementação.....	40
4.9. Impacto das medidas de racionalização de energia nos indicadores energéticos do PRCE.....	41
4.10. Medidas Futuras	41
4.10.1. Alteração dos circuitos de iluminação do piso 3	42
4.10.2. Instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B	43
4.10.3. Instalação de um variador eletrónico de velocidade no motor de bombagem do sistema de climatização de torre T	44
5. Conclusões.....	47
Referências Bibliográficas	49
Apêndice A.....	A-1
Apêndice B	B-1
Apêndice C.....	C-1
Apêndice D.....	D-1
Apêndice E.....	E-1
Apêndice F	F-1
Apêndice G.....	G-1
Apêndice H.....	H-1
Anexo I	I-1

Lista de Figuras

Figura 1 - Métodos de medição de energia (Isolada e Global)	11
Figura 2 - O edifício do DEEC.....	15
Figura 3 - Evolução do consumo de energia ativa em 2012, 2013 e 2014.....	16
Figura 4 - Evolução do consumo de energia ativa desagregada por período horário em 2012, 2013 e 2014	17
Figura 5 - Consumo acumulado de energia ativa do DEEC em 2012, 2013 e 2014.....	18
Figura 6 - Evolução da faturação total em 2012, 2013 e 2014.....	18
Figura 7 - Evolução da faturação anual desagregada por custos em 2012, 2013 e 2014.....	19
Figura 8 - Consumo do DEEC desagregado por torre de 1/12/14 a 7/12/14	20
Figura 9 - Consumos percentuais da torre R de 24/11/14 a 30/11/14	21
Figura 10 - Consumos percentuais da torre T de 1/12/14 a 7/12/14	22
Figura 11 - Sazonalidade do DEEC	23
Figura 12 - Autocolante de ação de sensibilização	35
Figura 13 - Autocolante de ação de sensibilização	35
Figura 14 - Percorso de inspeção das instalações	36
Figura 15- Exemplo de correto posicionamento dos interruptores rotativos do piso 0 da torre T	37
Figura 16 - Exemplo de um temporizador programável digital	39
Figura 17 - Circuito de iluminação do terceiro piso da torre T	42
Figura 18 - Diagrama de carga da iluminação da sala de estudo em 27 de Dezembro.....	43
Figura 19 - Diagrama de carga da iluminação da sala de estudo em 19 de Dezembro.....	43
Figura 20 - Disposição dos sensores de movimento na planta da sala de estudo	44

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Informação contratual da fatura de eletricidade	16
Tabela 2 - Caracterização do consumo anual do edifício	26
Tabela 3 - Objetivos de redução de CEE anuais, nos anos de vigência do PRCE.....	28
Tabela 4 - Formato do inquérito do plano de M&V a executar nos laboratórios	30
Tabela 5 – Exemplo de relatório de horas de funcionamento dos circuitos de iluminação da torre R.....	32
Tabela 6 – Exemplo de energia consumida pelos circuitos de iluminação das três torres	32
Tabela 7 - Sumário das MRE a implementar e poupanças respetivas	40
Tabela 8 - Impacto de cada medida na redução do CEE, anual e final do PRCE.....	41

Abreviaturas e Símbolos

Abreviaturas

CEE	Consumo Específico de Energia
CIE	Consumo Intensivo de Energia
DEEC	Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
FE	Fator de Emissão
IC	Intensidade Carbónica
IE	Intensidade Energética
IPMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético
LED	Light Emitting Diode
LEP	Laboratório de Eletrónica de Potência
LGE	Laboratório de Gestão de Energia
LSE	Laboratório de Sistemas Eletromecânicos
M&V	Medição e Verificação
MeWaGo	Measurement of Electricity, Water, Gas & Others
MRE	Medidas de Racionalização de Energia
MT	Média Tensão
PRCE	Plano de Racionalização de Consumo de Energia
PRI	Período de Retorno de Investimento
REP	Relatório de Execução e Progresso
SGCIE	Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia
UE	União Europeia
VEV	Variador Eletrónico de Velocidade

Símbolos

kg	Quilograma
kgCO ₂	Quilograma de Dióxido de Carbono
kVA	Quilovolt-Ampere
kW	Quilowatt
tep	Tonelada equivalente de petróleo

Capítulo 1

Introdução

1.1. Apresentação	2
1.2. Objetivos	2
1.3. Estrutura do documento	3

1. Introdução

1.1. Apresentação

Nos dias de hoje, o consumo energético no setor dos edifícios representa cerca de 30% do consumo global de energia primária em Portugal e 40% da energia total consumida na União Europeia (UE). A energia consumida nos edifícios pode ser proveniente de diversas fontes energéticas, destacando-se com maior preponderância os consumos em energia elétrica, em que os edifícios representam 62% do consumo a nível nacional. Dados estes argumentos e devido à intensificação da pressão imposta pela UE para obrigar os países membros a aumentar os níveis de eficiência energética dos edifícios, as medidas a adotar passam pela substituição ou transformação das tecnologias por outras mais eficientes, assim como pela alteração dos comportamentos no uso da energia, sem que sejam postos em causa a qualidade e o conforto[1].

A mudança dos hábitos de consumo não é algo que se faça de um dia para o outro, até porque a palavra “mudança” nem sempre é encarada positivamente. Com o decorrer dos anos, a população pode ser educada através da disseminação de informação para uma gestão energética mais eficiente dos edifícios, passando também pela sensibilização dos jovens estudantes para as questões ambientais, em particular para as relacionadas com o uso eficiente da energia, com a demonstração de comportamentos adequados, bem como pela divulgação das soluções tecnológicas existentes com vista à poupança de recursos e à proteção do meio ambiente.

O Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PRCE) para o edifício do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) tem por objetivo aumentar a eficiência e sustentabilidade do edifício, tornando-o num exemplo passível de ser transposto para outros edifícios do mesmo género existentes no campus da Universidade de Coimbra. O PRCE foi estruturado de acordo com a legislação sobre Sistemas de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), que consta no decreto-lei nº71/2008 e surge da iniciativa do Laboratório de Gestão de Energia, com a supervisão do Professor Doutor Humberto Manuel Matos e do Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins. O ano de referência foi 2014, o ano civil anterior à data de implementação do PRCE.

1.2. Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo, a elaboração de um Plano de Racionalização de Consumo de Energia para o edifício do DEEC, no qual deverão ser estabelecidas metas relativas ao consumo específico de energia (CEE) e intensidade carbónica (IC), incluindo obrigatoriamente, medidas que visem a racionalização de consumo de energia. O resultado final deste plano deverá

dotar o gestor energético do edifício de uma ferramenta de gestão de recursos que imponha a mesma disciplina de utilização eficiente de energia que teria de ser adotada caso o edifício ultrapassasse o limite de consumo definido pelo SGCIE.

No decorrer da elaboração do PRCE, houve necessidade de realizar diversas monitorizações para a identificação das zonas de maior consumo energético. Com o sentido de comprovar a exequibilidade das medidas de racionalização de energia (MRE) propostas, foram realizadas algumas intervenções piloto nas instalações, como no sistema de iluminação do Laboratório de Gestão de Energia e no sistema de iluminação da torre T do departamento. Além das medidas previstas para implementação durante os anos de vigência do PRCE, são também sugeridas medidas que pretendem evitar os desperdícios de energia através da planificação de inspeções às instalações.

1.3. Estrutura do documento

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, referências bibliográficas e apêndice. No presente capítulo são apresentadas as razões que levaram à elaboração do PRCE, os objetivos pretendidos com o plano e um breve enquadramento da estrutura do documento.

No segundo capítulo são abordados os dois temas de enquadramento com as bases para a elaboração da dissertação: Planos de Racionalização do Consumo de Energia, onde são especificados os objetivos de um PRCE, os indicadores energéticos e metas relativas aos mesmos, pelos quais o PRCE se deverá reger; e o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (IPMVP) onde são descritos os pontos gerais do protocolo e o método de conceção de um plano de medição e verificação (M&V).

O terceiro capítulo incide sobre a caracterização energética do DEEC, onde há uma referência à estrutura do edifício, os consumos energéticos, os custos da faturação de energia e às monitorizações que foram efetuadas nas instalações.

O quarto capítulo é dedicado à apresentação do PRCE do DEEC, no qual são especificados os consumos da instalação, os indicadores energéticos e as metas de redução dos mesmos, as medidas de racionalização que visam a redução de consumo de energia, a contribuição que as MRE terão para a redução dos indicadores e onde são mencionadas algumas medidas que poderão ser implementadas no futuro.

Por último, no quinto capítulo são apresentadas as principais conclusões que se puderam retirar desta dissertação

Em apêndice são apresentados os planos de implementação das MRE com toda a informação que cada uma delas engloba, assim como um roteiro para a realização de auditorias energéticas.

Capítulo 2

Enquadramento

2.1. Plano de Racionalização de Consumos de Energia.....	5
2.2. Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético	7

2. Enquadramento

2.1. Plano de Racionalização de Consumos de Energia

Um plano de racionalização de consumo de energia (PRCE) consiste num manual de medidas, elaborado com a informação extraída da auditoria energética ao edifício ou instalação, sendo a partir desta que são estabelecidas as metas relativas aos indicadores energéticos e propostas medidas de racionalização de energia para a instalação consumidora intensiva de energia (CIE) abrangida pelo plano. Todas as instalações que possuem um consumo energético anual superior a 500 toneladas de equivalentes de petróleo (tep), à exceção das instalações com cogeração, são consideradas instalações CIE. O ano de referência do PRCE terá de ser o ano civil anterior à data de realização dos relatórios das auditorias [2]. Caso não existam relatórios das auditorias realizadas anteriormente ao PRCE, terá que ser feito uma auditoria energética às instalações segundo o roteiro de preparação de auditorias energéticas que se encontra no anexo I.

A estrutura do PRCE rege-se pelo decreto-lei nº71/2008 de 15 Abril, que tem como propósito a regulação dos Sistemas de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia, adiante designado por SGCIE, estabelecido para promover a eficiência energética na indústria e edifícios de serviços. Os PRCE têm quatro pontos essenciais segundo os quais são estruturados [3]:

1. Análise das auditorias energéticas;
2. Cálculo dos indicadores energéticos e das metas impostas pelo decreto-lei em vigor;
3. Elaboração de medidas que visem a racionalização de energia;
4. Quantificação do impacto das medidas nos indicadores energéticos

No primeiro ponto, procede-se à análise das auditorias energéticas que tem como finalidade informar a entidade responsável pelo PRCE da caracterização energética dos diferentes sistemas e equipamentos do edifício consumidor intensivo de energia. No segundo ponto, são realizados os cálculos dos indicadores energéticos a partir dos quais são estabelecidas metas que vão ao encontro das exigências impostas pelo regulamento do SGCIE. No terceiro ponto são identificadas as medidas que visam a racionalização de energia e são consecutivamente elaborados os planos de implementação das mesmas. No último ponto é realizada uma quantificação do impacto que cada uma das medidas terá na redução dos indicadores energéticos para o cumprimento das metas desejadas. Contudo, os PRCE de acordo com o decreto-lei em vigor não contêm nenhuma exigência relativamente à comprovação da veracidade dos valores de racionalização calculados, daí que se tenha optado por incluir um quinto ponto aos quatro anteriormente referidos, que consiste em planos de medição e verificação (M&V) para as MRE.

2.1.1. Indicadores energéticos do plano de racionalização de consumo de energia

Os PRCE centralizam-se em três indicadores energéticos: a Intensidade Energética (IE), o Consumo Específico de Energia (CEE) e a Intensidade Carbónica (IC). É através destes indicadores que são impostas as metas desejadas e é verificada a evolução do plano de racionalização do consumo ao longo dos anos de vigência. A intensidade energética não é aplicável aos edifícios de serviços, como o DEEC e por essa razão, o indicador da IE não foi incluído no PRCE por não ser aplicável a edifícios de serviços. Com o intuito de clarificar a natureza de cada um dos indicadores, foi realizada uma pesquisa no seu âmbito [3].

2.1.2. Consumo específico de energia

O consumo específico de energia (CEE) é definido segundo o SGCIE como sendo o quociente entre o consumo total de energia, em kgep, da instalação e o volume de produção, nas unidades de produção adequadas, expressa na seguinte expressão [3]:

$$\text{Consumo Especifico de Energia (CEE)} = \frac{\text{Consumo Total de Energia (kgep)}}{\text{Produção (unidade)}} \quad (1)$$

O CEE é o indicador que melhor expressa a eficiência da utilização energia, relacionando o consumo de energia de uma instalação industrial com o volume de produção. No caso dos edifícios de serviços, este indicador relaciona o consumo total de energia do edifício com a área de espaço útil do mesmo, como se pode ver na expressão (2) [3]:

$$\text{Consumo Especifico de Energia (CEE)} = \frac{\text{Consumo Total de Energia (kgep)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \quad (2)$$

2.1.3. Intensidade Carbónica

A Intensidade Carbónica (IC) é um indicador energético calculado pelo quociente entre as emissões de gases com efeito de estufa, em kgCO₂, e o consumo total de energia, em tep, calculado pela expressão (3) [3]:

$$\text{Intensidade Carbónica(IC)} = \frac{\text{Emissões de gases de efeito de estufa (kgCO}_2\text{)}}{\text{Consumo total de energia (tep)}} \quad (3)$$

O objetivo do SGCIE em incluir este indicador nos PRCE, parte da preocupação de reforçar a importância que as reduções nas emissões de gases com efeito de estufa têm na prevenção das alterações climáticas [4].

2.1.4. Metas relativas ao consumo específico e intensidade carbónica

Com a lista das possíveis medidas de racionalização de consumo de energia (MRE) procede-se à quantificação do impacto que cada uma delas poderá ter na redução do consumo de energia e nos indicadores energéticos calculados. A quantidade de MRE a implementar irá depender das exigências do SGCIE, isto porque as metas diferem consoante o consumo energético da instalação, sendo imposto pelo decreto-lei em vigor que todas as instalações com consumos energéticos superiores a 1000 tep/ano têm de reduzir no mínimo os indicadores energéticos em 6% no prazo de 6 anos, enquanto as instalações com consumo inferior ou igual a 1000 tep terão de reduzir os indicadores energéticos em 4% no prazo de 8 anos. As exigências acima referidas não se aplicam à intensidade carbónica, dado que as metas relativas ao IC apenas têm de, no mínimo, manter os valores históricos da intensidade carbónica [3]. Em conclusão, quanto mais exigentes e elevadas forem as metas, maior terá de ser a redução de consumo obtida pela implementação das MRE de modo a concluir o PRCE com êxito.

2.2. Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético

2.2.1. Introdução

O Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (IPMVP) é um conjunto de documentos, em constante atualização, que visa aumentar os investimentos em eficiência energética, gestão energética de edifícios e projetos de energia renovável em todo mundo. O IPMVP permite que sejam definidos métodos de avaliação do desempenho energético de projetos de eficiência energética com diferentes custos e níveis de precisão, para determinar as poupanças para toda a instalação ou apenas para medidas individuais de racionalização de consumo. Por estas razões, o IPMVP ajuda a definir o conteúdo dos planos M&V de acordo com os princípios fundamentais acordados em todo o mundo e faculta a possibilidade de verificar os progressos das poupanças com o recurso a relatórios periódicos, designados por relatórios de execução e progresso (REP). O IPMVP poderá ser aplicado numa vasta gama de instalações, edifícios novos, edifícios já existentes e até mesmo processos industriais [5].

2.2.2. Planos de Medição e Verificação do desempenho energético

Os Planos de Medição e Verificação (M&V) permitem determinar, de modo correto e seguro, a poupança real dentro de uma instalação, obtida com a implementação de medidas de racionalização de consumo. A necessidade de execução dos planos M&V surge da impossibilidade de medição direta das poupanças. A redução de custo na fatura energética resulta da implementação das medidas que podem incluir a substituição de tecnologia, a alteração de horas de funcionamento, ações de manutenção e prevenção, entre outras medidas [5].

Para que sejam seguidas as boas práticas de M&V, deverão ser respeitados certos princípios [5]:

- A medição das poupanças deverá ser a mais completa possível, tendo em consideração todos os efeitos de um plano de racionalização, medindo os efeitos mais significativos e calculando os outros parâmetros menos críticos ou previsíveis;
- A estimativa das poupanças é afetada por incertezas diversas, logo os procedimentos M&V devem ser elaborados para quantificar a poupança por defeito;
- Os relatórios de M&V devem ser tão precisos quanto o orçamento permita. Os custos do M&V nunca devem ultrapassar o valor monetário da poupança a ser avaliada, sendo considerada a menor percentagem possível sem pôr em causa a credibilidade da mesma.

2.2.3. Conceção do plano M&V

O processo de conceção de um plano M&V é executado em paralelo com a elaboração da MRE. Devem ser seguidos os seguintes passos [5]:

1. Definição das técnicas de medição a aplicar, processo que irá depender de o utilizador pretender fazer um controlo do custo global, ou apenas pretender abranger as MRE particulares, caso em que as técnicas de medição isoladas são mais apropriadas;
2. Na formulação das MRE, devem seleccionar-se as opções IPMVP, como a técnica de medição, definição das fronteiras de medição e período de reporte que sejam mais consistentes com o objetivo da MRE, a precisão e o orçamento do plano M&V;
3. Reunir dados relevantes de energia e funcionamento do período de consumo antes da implementação da medida e registá-los para consultas futuras;
4. A elaboração do plano M&V deve basear-se nos passos anteriores (1, 2 e 3) e definir os passos seguintes (5 a 9);
5. Ao implementar a MRE, deve ser calibrado e colocado em funcionamento qualquer equipamento de medição especial que seja necessário ao plano M&V;

6. Após a instalação da MRE, tem de ser realizada uma revisão dos procedimentos operacionais para certificar o correto funcionamento da MRE;
7. Reunir dados relevantes de energia e funcionamento do período de consumo após a implementação da MRE;
8. Calcular poupanças de energia e redução de custos de acordo com o plano M&V;
9. Reportar as poupanças de acordo com o plano M&V.

Os passos de 7 a 9 poderão ser repetidos periodicamente, caso seja necessário apresentar relatórios periódicos de poupança a terceiros ou simplesmente para vigiar os valores de poupança.

2.2.4. Cálculo de poupança

A poupança de energia de uma instalação ou sistema é calculada a partir da diferença entre o consumo medido antes e depois da implementação das MRE propostas no PRCE, realizando ajustes sempre que as condições se alterem. A poupança pode ser expressa pela seguinte expressão (4) [5]:

$$\text{Poupança} = (\text{Consumo período de referência} - \text{Consumo período de reporte})_{\text{ajustes}} \quad (4)$$

O consumo medido antes da implementação das MRE designa-se por Consumo de energia de referência. O consumo medido após a implementação das MRE é designado por Consumo medido de energia do período de reporte.

2.2.5. Definição de períodos de consumo e fronteiras de medição

O período durante o qual é medido o consumo antes da implementação da MRE é designado por Período de Consumo de Referência e deverá ter a duração suficiente para representar todos os modos de funcionamento da instalação ou sistema, devendo cobrir um ciclo de funcionamento completo, de preferência um ano inteiro, de modo a obter os dados do consumo de referência. No entanto, este período não deve ser muito distante da data de implementação da MRE, uma vez que pode não refletir as condições sob as quais foi escolhida a implementação da ação corretiva, levando a um resultado de poupança não esperado. O período durante o qual é medido o consumo após a implementação da MRE é designado por Período de Consumo de Reporte e deverá ter duração suficiente para representar, pelo menos, um ciclo de funcionamento normal da instalação ou sistema, de modo a caracterizar completamente a eficácia da poupança em todos os modos de funcionamento [5].

As poupanças podem ser calculadas para a globalidade de uma instalação ou apenas para parte dela, dependendo dos objetivos de reporte. Caso o objetivo dos relatórios de poupança seja referente apenas ao equipamento implementado no plano de poupança, então as fronteiras de medição devem cingir-se apenas a esse equipamento, daí que este tipo de abordagem deva ser aplicado nas opções de medição isolada da MRE. No entanto, se o objetivo dos relatórios for auxiliar a gestão do desempenho energético de uma instalação, então os contadores que medem o consumo de energia de toda a instalação podem ser usados para avaliar o desempenho energético e a poupança, optando-se por esta abordagem nos casos em que as medições englobam toda a instalação. Caso os dados obtidos durante o período de referência ou período de reporte não sejam consistentes ou não estejam disponíveis, os dados em falta podem ser substituídos por dados energéticos de um programa de simulação calibrado, para apenas uma parte da instalação ou para a sua totalidade [5].

2.2.6. Opções IPMVP

A opção IPMVP escolhida para o plano M&V vai depender de vários fatores como as fronteiras, os métodos de medição, os períodos de consumo e as quantidades de energia. As quantidades de energia podem ser medidas por uma ou mais das seguintes técnicas [5]:

- Faturas energéticas da entidade fornecedora ou leituras dos contadores da instalação;
- Contadores individuais que isolem a MRE ou parte da instalação;
- Medições separadas de parâmetros usados no cálculo do consumo de energia;
- Simulação por computador, calibrada com alguns dados de desempenho energético reais para a instalação ou sistema a ser modelado.

Quando o valor a medir já é conhecido com precisão ou quando a medição do mesmo se torna demasiado dispendiosa, o meio mais indicado para se obter os valores de energia é através de estimativa. As medições dos planos M&V podem ser feitas de dois modos: através de medição isolada da MRE ou por medição global da instalação. A medição isolada é utilizada nos casos em que apenas se pretende obter a quantidade de energia de um equipamento independente do resto da instalação, com a finalidade de reduzir o esforço requerido nas monitorizações que abrangem toda a instalação. Por outro lado, quando é mais importante conhecer o uso total de energia, é aplicado o método de medição global. Na Figura 1 observa-se uma representação com os dois métodos [5].

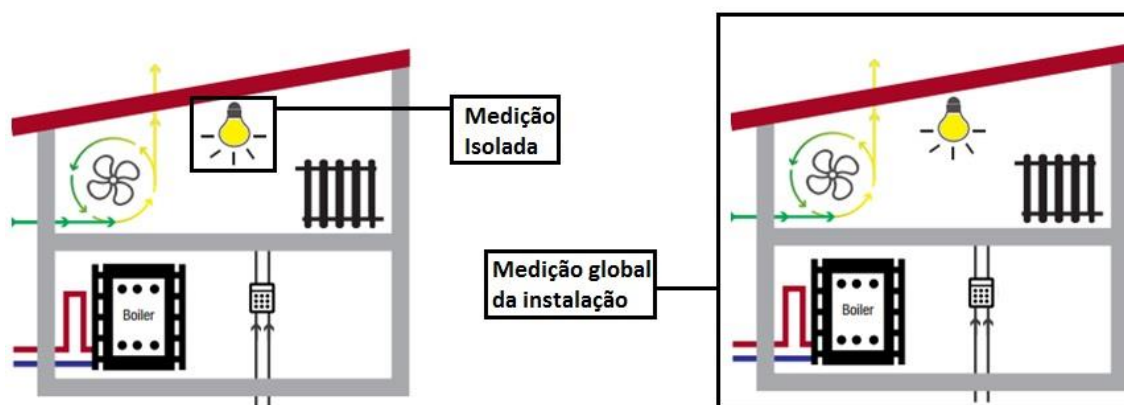


Figura 1 - Métodos de medição de energia (Isolada e Global)

O IPMVP dispõe de quatro opções (A, B, C e D) para determinar a poupança, que se diferenciam consoante a fronteira de medição, metodologia, custos e nível de incerteza. No caso da poupança a determinar ser apenas relativa ao desempenho energético de uma MRE, utiliza-se uma técnica de medição isolada (opção A e B), caso contrário utilizam-se as opções C e D para medir a poupança relativa à instalação total. Ao especificar qual a opção do IPMVP usada para a determinação da poupança, deve ser identificada a data de publicação ou o número da versão do volume da edição de IPMVP seguida (ex. Volume I do IPMVP, EVO 10000-1:2009) [5].

2.2.6.1. Opção A

Na opção A do IPMVP, a poupança é determinada pela medição no terreno de parâmetros chave do desempenho energético que definem o consumo de energia dos sistemas onde foram implementadas as MRE e o sucesso da intervenção. Quando os parâmetros são constantes, como por exemplo as horas de funcionamento, então a medição durante o período de reporte é suficiente. Por vezes os parâmetros podem variar e não constar nas medições do consumo de referência e reporte, tendo por essa razão de ser tratados como estimativas. As estimativas terão que ser baseadas em dados históricos como horas de funcionamento, testes laboratoriais e especificações do fabricante, devidamente fundamentadas e justificadas com documentação que comprove que a incerteza combinada de todas as estimativas não afetará significativamente a poupança total reportada. Para que as condições previstas no período de reporte não se alterem e influenciem os valores de poupança, é importante que se façam inspeções periódicas no período de reporte para certificação do correto funcionamento do equipamento, sendo a frequência das inspeções tanto maior quanto maior for a probabilidade de alteração do desempenho energético. Esta opção é de todas, a que engloba menor custo de determinação de poupança, uma vez que o custo associado à estimativa de um parâmetro é muitas vezes significativamente menor do que o custo de medição [5].

2.2.6.2. Opção B

Na opção B do IPMVP, a poupança é calculada a partir de medição isolada da MRE onde constam todos os parâmetros. Desta forma, é fundamental medir todas as quantidades de energia ou todos os parâmetros necessários ao cálculo do consumo. O grau de dificuldade da medição depende do número de parâmetros a medir: quanto maior for a quantidade maior será o nível de dificuldade e o custo associado à complexidade da medição. Embora este método seja mais dispendioso do que a opção A, consegue ser mais preciso em situações em que as cargas e/ou padrões de funcionamento não são constantes, justificando-se por este motivo os custos adicionais implícitos nesta opção em relação à primeira. Esta é a opção mais utilizada para determinar a poupança resultante da implementação de uma MRE [5].

2.2.6.3. Opção C

A opção C do IPMVP é a mais indicada para medir a poupança global da instalação. Para tal, são instalados contadores da entidade responsável pelo plano M&V na instalação ou usados os contadores das entidades fornecedores de energia. Esta opção é a mais apropriada para planos onde a poupança esperada é grande em comparação com variações de energia aleatórias ou inexplicadas nos dados de consumo de referência de energia, tornando-se mais fácil a identificação das poupanças. Esta opção determina a poupança resultante da interação de todas as MRE implementadas. A poupança reportada vai incluir todos os efeitos positivos e negativos de todas as alterações realizadas nas instalações, não relacionadas com as MRE, uma vez que os contadores abrangem toda a instalação. A poupança esperada deve exceder os 10% do consumo de referência de energia, para que seja possível identificar com confiança a poupança a partir dos dados de consumo de referência, quando o período de reporte é inferior a dois anos. Para que haja um controlo dos parâmetros a analisar é necessário realizar inspeções periódicas a todo o equipamento e operações da instalação durante o período de reporte, para que se possa garantir o correto funcionamento dos métodos que estão a ser utilizados [5].

2.2.6.4. Opção D

A opção D do IPMVP é aplicada quando se pretende avaliar o desempenho energético de todas as MRE instaladas numa instalação, por meio de um simulador computacional, permitindo também estimar a poupança de cada uma das MRE do plano. Assim, esta opção caracteriza-se por obter os valores de poupança de toda a instalação com o auxílio de um *software* de simulação, capaz de prever a energia total consumida no período de referência e no período de reporte da instalação. O *software* de simulação tem que ser bem calibrado para que os padrões de consumo

sejam o mais aproximados possível dos dados reais. Esta opção é principalmente utilizada quando é necessário avaliar o impacto da eficiência energética na concepção de novas instalações. A poupança avaliada baseia-se em estimativas complexas de consumo de energia, onde os níveis de precisão de poupança vão depender do bom desempenho dos modelos de simulação dos equipamentos e da boa calibração do desempenho energético contabilizado. A calibração de simulações de edifícios é feita com o auxílio das faturas mensais do ano de referência, emitidas pelo comercializador de energia, devendo serem referentes a um período de funcionamento estável. Pode demorar alguns meses até que as instalações funcionem a 100% da sua lotação máxima e antes que as pessoas aprendam os corretos modos de funcionamento dos sistemas dos edifícios novos [5].

Capítulo 3

Caracterização do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

3.1. Estrutura do edifício.....	15
3.2. Situação contratual do Departamento	16
3.3. Evolução do consumo de energia ativa	16
3.4. Faturação anual	18
3.5. Análise de Consumos do Departamento	19
3.6. Sazonalidade	22

3. Caracterização do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

3.1. Estrutura do edifício

O Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) instalou-se no Pólo II no início do ano letivo de 1996-1997. No decorrer da pesquisa de informação e consulta de diversas plantas do edifício, chegou-se à conclusão que o DEEC foi construído em duas fases: numa primeira fase, os blocos (R, S e T) associados ao projeto das torres R, S e T e numa segunda fase, os corpos das torres R, S, T, A e B, perfazendo uma área total de $17613 m^2$. Na Figura 2 podemos visualizar uma representação do edifício, com indicação das fases de projeto [6] [7].

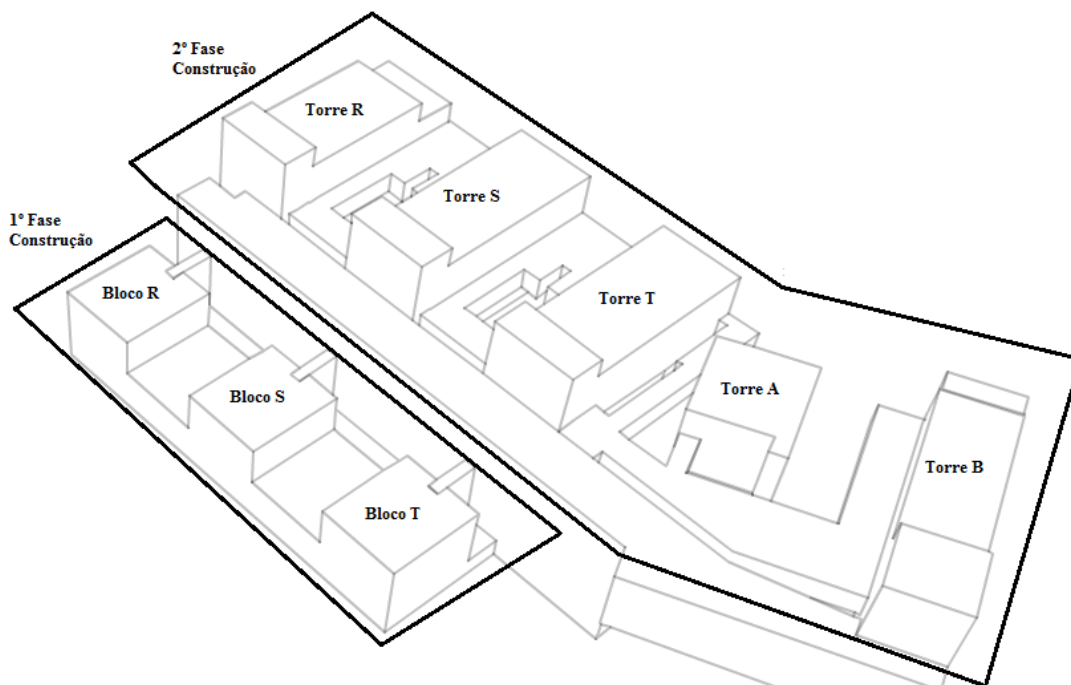


Figura 2 - O edifício do DEEC

O edifício está vocacionado para o ensino com salas de aula (torres A e T) e laboratórios didáticos (torres R, S e T), como também para a investigação que se encontra principalmente concentrada nos Blocos (R, S e T), existindo também alguns laboratórios de investigação distribuídos pelas torres (R, S e T). Todos estes espaços estão distribuídos pelos diversos pisos das torres R, S e T.

3.2. Situação contratual do Departamento

Como podemos ver na Tabela 1, o edifício “alvo” do PRCE tem um contrato em média tensão (MT), com uma tarifa tetra-horária e ciclo horário semanal com feriados. A potência requisitada é de 292.95 kVA, a potência instalada de 630 kVA e a potência contratada de 292.95 kW [8].

Tabela 1 - Informação contratual da fatura de eletricidade

Informação contratual atual da fatura de eletricidade	
Descrição da Instalação	Média Tensão – MT
Tarifa Contratada	Tetra – Horário
Ciclo Horário	Semanal com feriados
Potência Requisitada	292.95 kVA
Potência Instalada	630 kVA
Potência Contratada	292.95 kW

3.3. Evolução do consumo de energia ativa

Na fase inicial de conceção do PRCE, é essencial compreender os padrões de consumo do edifício onde se vai intervir e o modo como estes evoluem no decorrer dos anos, com o objetivo de identificar irregularidades que possam surgir nos consumos de energia. A evolução do consumo da energia ativa do DEEC nos anos 2012, 2013 e 2014 pode ser observado na Figura 3.

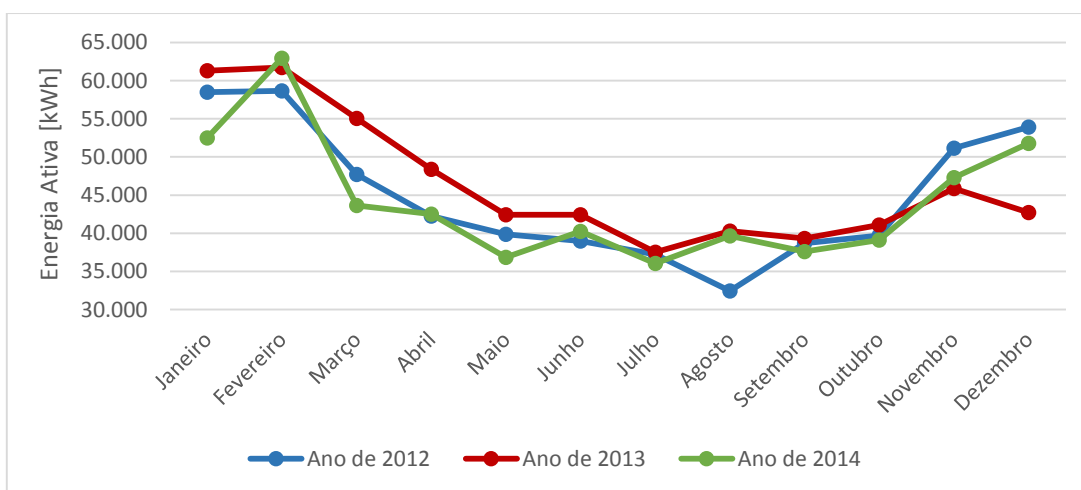


Figura 3 - Evolução do consumo de energia ativa em 2012, 2013 e 2014

Através da figura representada em cima, verifica-se que o consumo de energia ativa do DEEC não é constante ao longo dos diversos meses do ano, registando-se um aumento substancial nos meses tipicamente mais frios, Dezembro, Janeiro e Fevereiro. O aumento do consumo nos meses mais frios está relacionado, principalmente, com o recurso aos aquecedores elétricos de

modo a colmatar a ineficácia dos sistemas de climatização do edifício, alguns dos quais, por sua vez, se encontram inoperacionais. Nos restantes meses do ano, verifica-se que existe uma redução gradual do consumo de energia com a proximidade dos meses mais quentes e com o começo do período de exames no segundo semestre, Junho e Julho. O baixo consumo de energia nos meses de maior calor deve-se ao facto de a utilização do sistema de climatização de arrefecimento ter pouca expressão. Posto isto, concluímos que os meses mais quentes têm menor impacto no consumo de energia da instalação do que os meses mais frios. Ao analisar-se o consumo em 2012, 2013 e 2014 observa-se que na maioria dos meses do ano de 2014, os consumos foram inferiores em relação aos valores atingidos nos meses homólogos dos anos anteriores, revelando uma crescente preocupação das entidades gestoras do edifício em reduzir o consumo de energia, sempre que possível, sem que seja posto em causa o conforto dos ocupantes e as suas atividades.

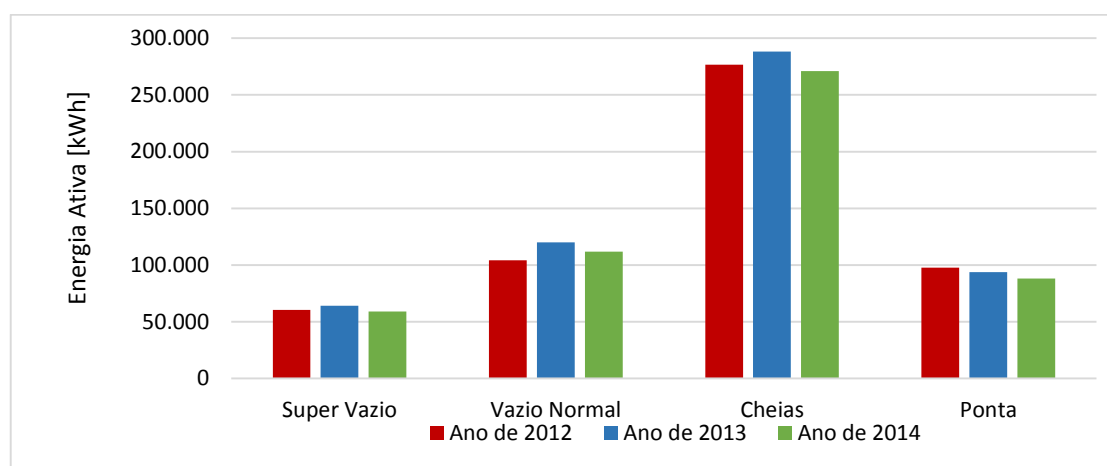


Figura 4 - Evolução do consumo de energia ativa desagregada por período horário em 2012, 2013 e 2014

A Figura 4 representa a evolução do consumo de energia ativa, desagregado por período horário, onde pode ser verificada a existência de um aumento do consumo do ano de 2012 para o de 2013 em todos os períodos horários com exceção do período de horas de ponta, ao contrário de 2014, em que os consumos reduziram em todos os períodos. Além das variações de consumo nos diversos períodos, pode-se também constatar que o período em que se consome mais energia corresponde às horas Cheias e o período em que se consome menos energia é o das horas de Super Vazio.

Os consumos observados na Figura 4 refletem-se na Figura 5, onde podemos confirmar que existiu um aumento do consumo acumulado de energia ativa de 2012 para 2013, e uma ligeira redução do consumo acumulado de energia ativa de 2013 para 2014.

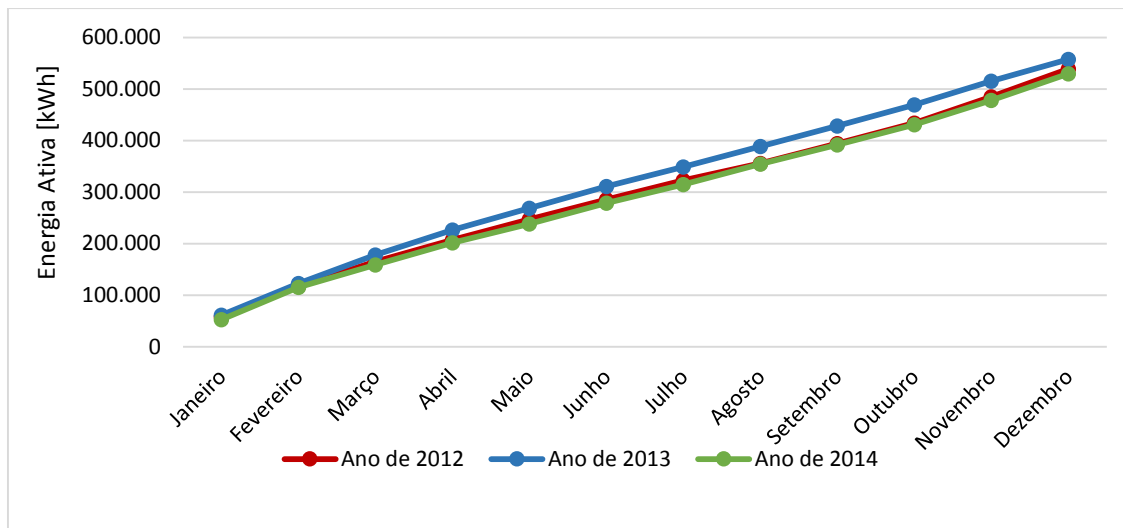


Figura 5 - Consumo acumulado de energia ativa do DEEC em 2012, 2013 e 2014

3.4. Faturação anual

A evolução da faturação anual do consumo de energia em 2012, 2013 e 2014 encontra-se ilustrada na Figura 6, onde o valor indicado no topo da coluna de cada um dos anos corresponde ao acumulado total de todos os custos associados à fatura de eletricidade, como o custo da potência contratada, da potência em horas de ponta, da energia reativa (fornecida e consumida) e os custos associados à energia ativa consumida. Como já foi referido anteriormente, o consumo em 2014 foi inferior ao registado nos anos anteriores, o que levou a um decréscimo do custo da faturação anual. No entanto, em 2013 o consumo foi superior em comparação com o ano civil anterior e, mesmo assim, o custo da faturação anual sofreu um decréscimo. Esta situação deveu-se ao facto de, em finais de Setembro de 2012, se ter começado a beneficiar de uma redução de cerca de 10% na fatura de eletricidade com o novo contrato de fornecimento estabelecido com a EDP Comercial.

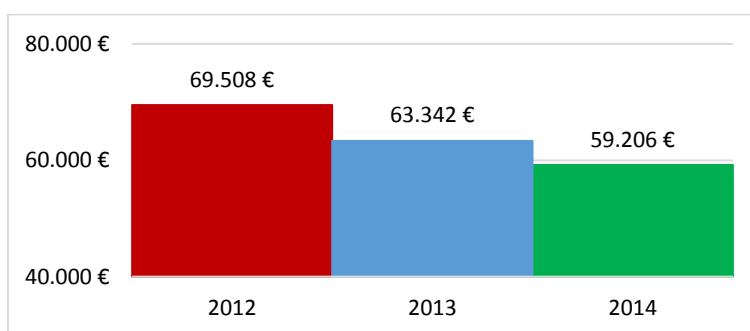


Figura 6 - Evolução da faturação total em 2012, 2013 e 2014

No decorrer destes três anos, houve uma redução média anual da faturação em 7,4%, que se traduz numa redução na fatura anual em média de 5.151€.

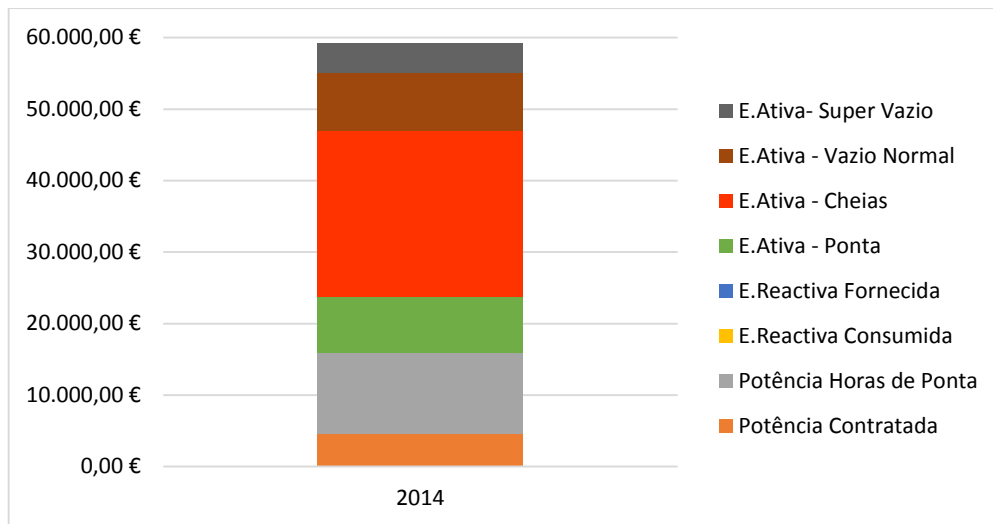


Figura 7 - Faturação anual desagregada por custos em 2014

Com a faturação anual desagregada por custos, representada na Figura 7, podemos observar que as parcelas que mais contribuem para o elevado custo da faturação anual são a da energia ativa consumida no período de cheias, a parcela relativa à potência ativa em horas de ponta e a parcela correspondente à energia ativa consumida em horas de ponta [8].

3.5. Análise de Consumos do Departamento

3.5.1. Desagregação do consumo por torre

Após análise do consumo anual e faturação global do edifício do DEEC, houve necessidade de se conhecer com maior detalhe o consumo do edifício desagregado por torre (R, S, T, A e B). Os dados utilizados no estudo do consumo por torre foram adquiridos a partir da plataforma *MeWaGo* (*Mesaurement of Electricity, Water, Gas & Others*) desenvolvida pela empresa *Streamline*, onde se podem consultar os consumos das instalações do DEEC em tempo real e o historial de consumos do edifício desde que o sistema foi implementado [9].

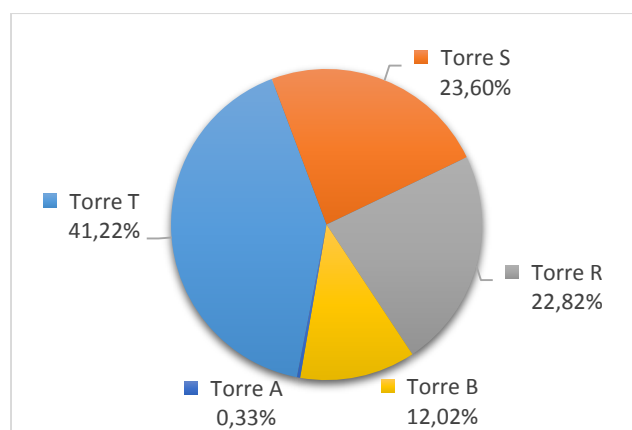


Figura 8 - Consumo do DEEC desagregado por torre de 1/12/14 a 7/12/14

A Figura 8 representa o consumo do DEEC desagregado por torre de 1 a 7 de dezembro em 2014, semana na qual se consumiu um total de 10383 kWh de energia ativa. A partir da figura, podemos constatar que as torres com maior consumo são a torre T com 41,2%, a torre S com 23,6% e a torre R com 22,8% da energia total consumida no edifício. Por outro lado, as torres A e B destacam-se por serem as torres com menor consumo, tendo a torre A consumido 0,33% e a torre B 12,02% do consumo total. Ao identificar que as três torres principais do edifício (torres R, S e T) e blocos associados a cada uma delas, são os pontos com maiores consumos, tornou-se prioritário detalhar o estudo dos consumos das torres principais e as suas características. A torre T é constituída maioritariamente por salas de aula, onde são lecionadas as aulas de diversas cadeiras do curso, gabinetes do corpo docente, laboratórios de investigação e didáticos e os serviços administrativos situados no Piso 2. Em relação à torre S, constituída sobretudo por laboratórios didáticos, os consumos advêm do elevado número de equipamentos laboratoriais como fontes de alimentação, geradores de sinal, computadores fixos, entre outros. No entanto, esta torre também possui alguns laboratórios de investigação no piso 3, gabinetes do corpo docente, o centro de cópias do departamento, a sala de convívio, o núcleo de alunos do DEEC e o clube de robótica. A torre R, ao contrário das outras duas torres que são mais direcionadas para o ensino, possui maioritariamente laboratórios de investigação de grandes dimensões, quando comparados com os laboratórios de investigação das outras torres, embora também possua alguns laboratórios didáticos, uma sala de provas de avaliação e gabinetes do corpo docente.

3.5.2. Desagregação dos consumos por piso

Com o estudo do consumo de energia elétrica por torre obteve-se uma percepção de quais as torres com maior consumo de energia, mas não os pisos onde os consumos têm lugar. Assim, analisaram-se as atividades em cada um deles para concentrar os esforços de identificação dos consumidores principais. Após a identificação dos pisos que mais contribuíam para os elevados consumos das torres, procedeu-se à instalação de aparelhos de monitorização por piso nas torres, mas dado o número insuficiente de equipamentos para o número de pisos existentes por torre e tempo existente para as monitorizações em período letivo, optou-se por monitorizar apenas duas das torres com maiores consumos, as torres R e T. A não monitorização da torre S justifica-se pelo facto de esta torre ser principalmente vocacionada para a lecionação de aulas em laboratórios, onde a iluminação e equipamentos didáticos são indispensáveis ao normal funcionamento das mesmas, levando a que o potencial de redução das MRE possa não ser suficiente para justificar intervenções. As monitorizações foram planeadas para a duração de uma semana, com 5 dias úteis e 2 não úteis, com intervalos de integração de 15 minutos.

Embora a torre T seja a que apresenta maior consumo, decidiu-se começar as monitorizações pela torre R, uma vez que os consumos da torre T se devem essencialmente à elevada carga horária nas salas de aulas, o que leva a que os sistemas de iluminação fiquem ligados por largos períodos. Além disso, esta torre alimenta um maior número de gabinetes do corpo docente, e também por estarem associados a ela os espaços de apoio administrativo (secretaria, aprovisionamento, gestão de rede e manutenção).

Com as monitorizações à torre R obtiveram-se os resultados presentes na Figura 9.

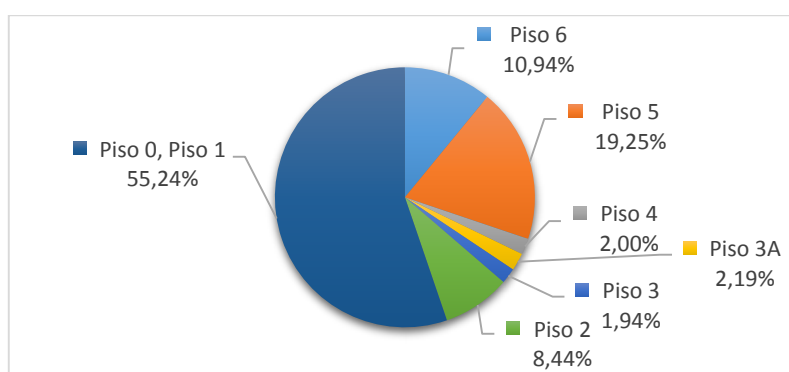


Figura 9 - Consumos percentuais da torre R de 24/11/14 a 30/11/14

As monitorizações da torre R ajudaram a perceber que os pisos onde se consome mais energia são os pisos 0, 1, 2, 5 e 6. No entanto, as MRE foram unicamente pensadas para os pisos 4, 5 e 6 dado que os outros pisos fazem parte das instalações do Instituto de Telecomunicações e do Instituto de Sistemas e Robótica.

Após ter sido monitorizada a torre R, procedeu-se de igual modo na torre T, onde se obtiveram os resultados da Figura 10.

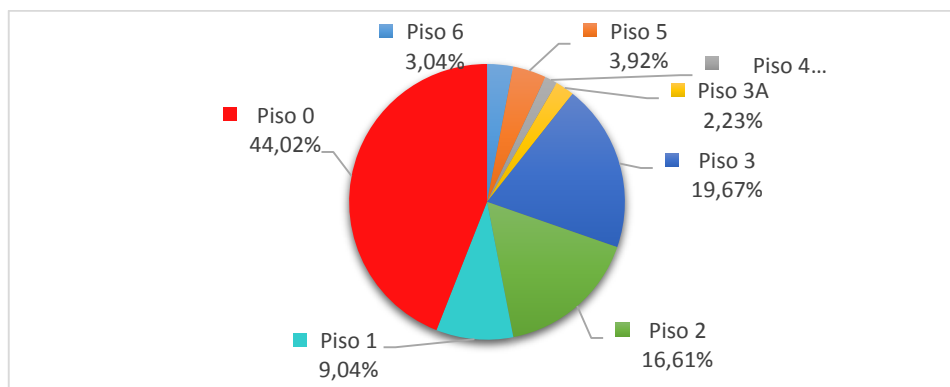


Figura 10 - Consumos percentuais da torre T de 1/12/14 a 7/12/14

Na torre T, os pisos onde se consome mais energia são o 0, 1, 2 e 3 e, tal como na torre R, as MRE apenas foram formuladas para os pisos superiores ao piso 1, pelas mesmas razões apresentadas nos pisos análogos da torre R. As intervenções que visem a redução de consumo nas instalações localizadas nesses pisos teriam de ser coordenadas com os responsáveis dos referidos institutos. Exceção-se uma medida relativa à iluminação do corredor dos pisos 0 e 1 que, por serem espaços comuns, de circulação, torna possível esta intervenção. Para além das monitorizações que foram levadas a cabo nos pisos das torres referidas, também foram monitorizados alguns sistemas de iluminação e circuitos de alimentação dos elevadores que serviram de base aos cálculos das poupanças das medidas propostas no plano de racionalização de consumo de energia do capítulo quatro.

3.6. Sazonalidade

A análise da sazonalidade nos consumos de energia elétrica de um edifício é de grande importância, porque a partir desta é possível dotar o gestor do edifício de informação sobre os períodos de maior consumo e assim poder melhor contribuir para o aumento da eficiência na utilização da energia elétrica. Como tal, nesta secção são apresentados os gráficos que representam a sazonalidade do edifício do DEEC nos anos de 2013 e 2014.

A sazonalidade dos consumos é calculada em dois passos. Primeiro é criada uma série de valores calculados através da soma acumulada das diferenças entre o consumo semanal e o consumo semanal médio do ano (consumo anual a dividir por 52 semanas). No segundo passo, normalizam-se os valores dividindo todos os valores pelo valor máximo da série. Os resultados obtidos permitem traçar gráficos, como os representados na Figura 11, onde o crescimento ou decréscimo da sazonalidade varia em função de o consumo semanal ser superior/inferior ao consumo médio semanal anual.

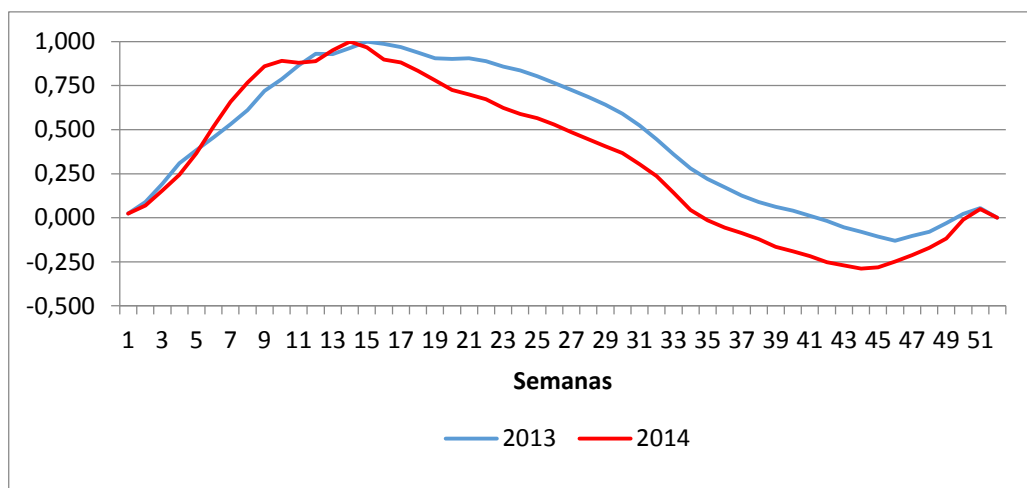


Figura 11 - Sazonalidade do DEEC

Os efeitos da sazonalidade no DEEC mostram que os consumos de energia no período de Inverno são mais acentuados, como se pode observar nas primeiras 14 semanas do ano, que correspondem aos meses de Janeiro, Fevereiro e Março, bem como nas últimas 8 semanas correspondentes aos meses de Novembro e Dezembro. O resultado já era expectável, porque como já foi referido anteriormente, devido à inoperacionalidade dos sistemas de climatização instalados, os ocupantes recorrem a aparelhos de aquecimento elétrico individuais, em particular aos aquecedores elétricos que, para além de provocarem elevados consumos, por vezes são deixados ligados, por esquecimento, durante longos períodos de tempo. Assim, o crescimento acentuado nas primeiras 14 semanas justifica-se pelo facto de o consumo semanal ser muito superior em relação ao consumo médio semanal anual. Como também se pode ver através da Figura 11, no ano de 2014 a redução dos consumos de aquecimento aconteceu mais cedo, comparando com o ano de 2013. É importante que seja formulada uma MRE que vá ao encontro da redução de consumo nos meses tipicamente mais frios, com o intuito de reduzir os consumos provocados pelos aparelhos de climatização individual.

Capítulo 4

Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PRCE)

4.1. Identificação do edifício.....	25
4.2. Consumo mensal e anual em eletricidade.....	25
4.3. Consumo específico de energia no ano referência	26
4.4. Intensidade Carbónica no ano de referência	27
4.5. Cálculo das metas de redução do consumo específico de energia, nos anos de vigência do PRCE	27
4.6. Medidas de Racionalização de Energia (MRE)	28
4.7. Cálculos energéticos e económicos	40
4.8. Cronograma de Implementação	40
4.9. Impacto das medidas de racionalização de energia nos índices energéticos do PRCE.....	41
4.10. Medidas Futuras	41

4. Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PRCE)

O Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PRCE) foi elaborado com base em informação de consumo obtida através da faturação e telecontagem, de diversas monitorizações realizadas ao edifício, a partir de inspeções visuais e em diálogo com os ocupantes, corpo docente e alunos, acumulando assim a maior quantidade de informação possível acerca do uso de energia nas instalações. O ano de referência é o ano civil anterior à data do PRCE, o ano de 2014.

4.1. Identificação do edifício

A identificação e caracterização energética do edifício encontram-se no terceiro capítulo da dissertação, onde é descrita a estrutura do edifício e apresentada a situação contratual do departamento, a faturação de energia elétrica anual e a evolução do consumo de energia ativa nas instalações ao longo de três anos (2012, 2013 e 2014).

4.2. Consumo mensal e anual em eletricidade, no ano referência

O Decreto-Lei n.º71/2008, de 15 de Abril, define que uma instalação é consumidora intensiva de energia (CIE) sempre que tenha um consumo anual superior a 500 toneladas equivalente de petróleo (tep). Os fatores de conversão utilizados para converter o consumo de eletricidade de kWh em tep, encontram-se no Despacho n.º17313/2008, de 15 de Abril. Com os dados de consumos anuais dos diversos vetores energéticos convertidos para a unidade tep, obtém-se o consumo energético anual de uma instalação, identificando a sua categoria e assim o modo de gestão do PRCE [3][10].

Procedeu-se à análise de todas as faturas de eletricidade referentes ao ano de 2014 tendo-se obtido uma desagregação do consumo mensal. Esta desagregação permitiu obter um conhecimento do modo como é utilizada a energia ao longo do ano. Da análise dos consumos mensais do DEEC, observa-se que os meses de maior consumo de energia elétrica são Dezembro, Janeiro e Fevereiro, razão facilmente justificável por serem os meses onde se registam temperaturas mais baixas. O consumo nos meses mais frios deve-se ao uso intensivo de aquecedores elétricos para climatizar os espaços.

Os fator de conversão utilizado para converter a unidade de kWh para a unidade tep dos consumos de eletricidade é igual a 0,000215 tep/kWh [10].

Tabela 2 - Caracterização do consumo anual do edifício

Meses	Eletricidade	
	kWh	tep
Janeiro	52493	11,29
Fevereiro	62958	13,54
Março	43654	9,39
Abril	42508	9,14
Mai	36849	7,92
Junho	40241	8,65
Julho	36041	7,75
Agosto	39658	8,53
Setembro	37610	8,09
Outubro	39098	8,41
Novembro	47285	10,17
Dezembro	51796	11,14
Total	530191	113,99

O resultado da conversão do consumo total de kWh para tep, exibido na Tabela 2, permite constatar que, embora a instalação possua uma potência instalada em iluminação, força motriz e aparelhos elétricos considerável, o consumo não supera o patamar dos 500 tep, para ser considerada como uma instalação de consumo intensivo. No entanto, a direção do DEEC mostrou interesse em seguir os mesmos procedimentos existentes para a elaboração de um PRCE de uma instalação CIE com consumo entre 500 tep a 1000 tep, obrigando a que o período de aplicação do plano de racionalização seja de 8 anos. Os indicadores escolhidos para definir as linhas orientadoras do PRCE do departamento são, o consumo específico de energia (CEE) e a intensidade carbónica (IC). É a partir destes que se vai procurar cumprir as metas desejadas para cada um dos indicadores, definidas no plano de racionalização do consumo. A definição e o modo de cálculo dos indicadores energéticos encontram-se desenvolvidos no segundo capítulo.

4.3. Consumo específico de energia no ano referência

Com base nos valores do consumo de energia elétrica mensal, que constam na Tabela 2, prosseguiu-se para o cálculo do consumo específico de energia (CEE) anual (kgep/m². ano), para o ano de referência (2014). Através do valor da área do departamento, de 17613 m², e dos valores do consumo mensal convertidos em kgep, o valor do CEE resultou em 6,47 kgep/m². A meta desejada para a redução do consumo é de 4%, durante o período de implementação do PRCE, que é de 8 anos [3].

4.4. Intensidade Carbónica no ano de referência

No cálculo da intensidade carbónica por emissões de gases com efeito de estufa, foi considerado o fator de emissão (FE) relativo à eletricidade de 0,47 kgCO₂/kWh, tabelado de acordo com o Despacho n.º 17313/2008 de 26 de Junho, 2.ª Série [10].

O consumo anual de eletricidade do DEEC repercutiu-se em 249190 kgCO₂ de emissões de CO₂. Com o valor de emissões de CO₂ calculado e com valor do consumo total de energia (tep), calculou-se a intensidade carbónica total do ano de referência, que resultou em 2186 kgCO₂/tep. Em relação à intensidade carbónica, não há uma exigência de definir metas de redução, apenas se deve garantir que os valores históricos da intensidade carbónica não aumentam [3].

4.5. Cálculo das metas de redução do consumo específico de energia, nos anos de vigência do PRCE

No seguimento do PRCE, depois de calculados os indicadores energéticos pelos quais se irá reger o plano, é necessário calcular as metas de redução do consumo específico de energia, de acordo com as exigências estabelecidas para as instalações que se encontram na situação de consumo entre 500 a 1000 tep. Nesta situação, o CEE deverá ser reduzido, no mínimo, 4% durante o período de implementação do PRCE, que equivale a 8 anos.

Assim, calculou-se a meta de redução do consumo específico através da equação (5). Como o consumo específico de energia no ano de referência é de 6,47 kgep/m², o CEE no final do PRCE corresponde a 6,21 kgep/m², perfazendo uma redução de 0,26 kgep/m² ao fim de 8 anos, ou seja uma redução de consumo de 4560 kgep.

$$\text{CEE no final do PRCE} = \text{CEE no ano referência} * (1 - 0,04) \quad (5)$$

Para se atingir esta meta de redução do CEE tem de ser reduzido o consumo total de energia do DEEC de 113,99 tep correspondente ao do ano de referência do plano para 109,43 tep, o que corresponde a uma redução anual do consumo total de energia elétrica no valor de 2651 kWh, durante os anos do PRCE, perfazendo no final do plano uma redução anual de 21208 kWh. As metas de redução dos consumos específicos de energia anuais, nos anos de vigência do PRCE, constam na Tabela 3.

Tabela 3 - Objetivos de redução de CEE anuais, nos anos de vigência do PRCE

Ano	CEE (kgep/m ²)	Redução acumulada de CEE (kgep/m ²)	Poupança anual (kWh)
Ano de referência	6,47	0,00	0
2	6,41	0,06	5302
4	6,34	0,13	10604
6	6,28	0,19	15906
8	6,21	0,26	21208

Como podemos observar na Tabela 3, os objetivos de redução anual ao longo dos anos são cada vez mais exigentes, começando logo no segundo ano do PRCE por ter que se reduzir o CEE em 0,06 kgep/m² com uma poupança de 5302 kWh. Ao quarto ano do plano o CEE deverá ter sido reduzido em 0,13 kgep/m², em relação ao ano de referência, o que corresponde a uma poupança de 10604 kWh, seguindo-se o mesmo processo de redução dos indicadores e consumos até ao oitavo ano, último ano de vigência do PRCE. Não foram consideradas as poupanças em gás natural, porque este tipo de energia primária tem um consumo muito reduzido nas instalações, dado que, o único sítio onde se utiliza este tipo de recurso é na cozinha do bar (fogão e água quente). O gás natural é também usado nas caldeiras do sistema de climatização do DEEC, mas no ano de referência este facto não se verificou.

Para que sejam atingidas todas as metas previstas no PRCE de acordo com as diretivas do decreto-lei em vigor, deve-se recorrer a uma entidade devidamente habilitada para a elaboração dos relatórios de execução e progresso com informação acerca da eficiência energética da instalação, utilizando os indicadores definidos no plano de racionalização de consumos de energia.

4.6. Medidas de Racionalização de Energia (MRE)

Para o cumprimento das metas, é necessária a elaboração de um PRCE com um conjunto de medidas de racionalização de energia (MRE), programação da implementação das medidas durante o período de execução do PRCE e quantificação do impacto que elas terão nos indicadores energéticos, mais precisamente no consumo específico de energia.

Durante a elaboração das medidas, é importante calcular o período de retorno de investimento (PRI) que ajuda a seriar as medidas e calendarizar a aplicação das mesmas no período de vigência do plano. Como o PRCE é para ser aplicado segundo as exigências das instalações com consumos entre os 500 tep e os 1000 tep, todas as MRE que tiverem um PRI inferior ou igual a três anos, terão que ser implementadas nos primeiros 3 anos de execução do plano. Embora não seja um assunto previsto no decreto-lei em vigor que regula os SGCIE, optou-se por conceber um

plano de medição e verificação (M&V) para cada uma das MRE, dado que corresponde às boas práticas de eficiência energética.

As medidas identificadas foram as seguintes:

1. Desagregação dos circuitos de iluminação dos laboratórios de Gestão de Energia (LGE), de Eletrónica de Potência (LEP) e de Sistemas Eletromecânicos (LSE);
2. Otimização do sistema de iluminação das torres R, S e T;
3. Substituição de tecnologia do sistema de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1;
4. Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores;
5. Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação;
6. Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos;

Nos subcapítulos seguintes, serão abordadas cada uma das MRE pela seguinte sequência: objetivo da MRE, tipologia da MRE e plano de medição e verificação da MRE.

4.6.1. Desagregação dos circuitos de iluminação dos laboratórios – LGE, LEP e LSE

A MRE nº1 tem como objetivo, reduzir o consumo de energia elétrica na iluminação e adaptar o controlo da iluminação ao modo de ocupação de sala, para que seja possível ligar apenas as luminárias situadas na zona onde os ocupantes estabelecem o seu local de trabalho, prevenindo o desperdício de energia. Deste modo, ir-se à permitir que seja poupada energia e prolongada a longevidade das luminárias, com consequente redução dos custos de manutenção.

Este tipo de medida foi escolhido para ser aplicado ao LGE, LEP e LSE, por serem laboratórios de grandes dimensões com muitas horas de funcionamento semanais, dado que são frequentados por alunos a desenvolver dissertação e por terem uma potência instalada em iluminação elevada, havendo, por isso, necessidade de aumentar a eficiência destes sistemas no sentido de reduzir os custos de iluminação associados. A intervenção passa pela separação dos quatro circuitos de iluminação, que se encontram agregados aos pares em dois disjuntores, em quatro circuitos individuais que serão controlados de modo autónomo por quatro interruptores modulares. Com o novo método de controlo da iluminação, será possível ligar a iluminação de quatro zonas da sala, ao contrário do método de controlo anterior, que apenas permitia ligar todas as luminárias do lado da janela e/ou do lado interior da sala. Caso os quatro circuitos não iluminem separadamente as zonas pretendidas, terá que ser remodelada a distribuição dos circuitos de iluminação através das caixas de derivação de iluminação de sala, a fim de se conseguir confinar as luminárias à configuração das zonas pretendidas.

Durante o período de desenvolvimento desta dissertação foi implementado a desagregação de circuitos de iluminação no LGE. Com esta medida estima-se que seja poupado no total dos três

laboratórios, uma poupança total anual de 3662 kWh, resultando numa poupança aproximada de 621 €. Os modelos de cálculo das poupanças esperadas encontram-se nos apêndices A, B e C.

O plano de medição e verificação (M&V) passará pelo preenchimento de um inquérito, em que cada pessoa que frequentar o laboratório e ligar ou desligar os interruptores modulares de comando da iluminação terá a responsabilidade de preencher um registo, representado na Tabela 4, com a data e hora de atuação do(s) interruptor(es). O inquérito deverá estar junto aos interruptores de iluminação, em formato de papel, para que não seja negligenciado, a fim de se reduzir o número de linhas não preenchidas.

Tabela 4 - Formato do inquérito do plano de M&V a executar nos laboratórios

Plano de Medição e Verificação (M&V) - Laboratório de Gestão de Energia (LGE)									
Data	Hora de entrada		Hora de saída		Interruptor(es) - Ligados				Observações
(dd-mm-aa)	(HH)	(mm)	(HH)	(mm)	I1	I2	I3	I4	
10-12-14	8	30	13	30		X			Lâmpada Avariada

Após o período de reporte, procede-se ao preenchimento de uma folha de cálculo pré-formatada, onde terão que ser transcritos os dados que constam na folha do inquérito para a folha de cálculo. Após ser realizada a passagem de todos os dados do inquérito, será necessário fazer uma separação das horas de ocupação dos registos pelos seguintes períodos horários: Super Vazio, Vazio Normal, Cheias e Pontas. Como exemplo, no caso de um aluno ligar o interruptor I2 das 8:30 até às 13:30, as cinco horas terão de ser separadas em 2,5 horas Cheias e 2,5 horas de Ponta no período legal de inverno ou em 2 horas Cheias e 3 horas de Ponta no período legal de verão, de acordo com o ciclo semanal. Com o preenchimento da tabela dos diferentes períodos horários, será possível ter o total de número de horas de ocupação do LGE e o custo da faturação de energia elétrica. Este plano de M&V será aplicado de igual modo no Laboratório de Eletrónica de Potência e no Laboratório de Sistemas Eletromecânicos. Os documentos estruturados de aplicação da MRE no LGE, LEP e LSE encontram-se nos apêndices A, B e C, respetivamente.

4.6.2. Otimização do sistema de iluminação da caixa de escadas das torres R, S e T

A medida nº2 tem como objetivo reduzir o consumo em iluminação nas caixas de escadas das torres R, S e T através da alteração do controlo dos circuitos de iluminação. A implementação da medida irá permitir que a iluminação passe a ser controlada pelo autómato do edifício, de modo a evitar que todo o circuito de iluminação esteja ligado todo o dia, durante todo o ano, devido à existência de zonas menos iluminadas situadas nos pisos inferiores (0,1 e 2). A alteração do sistema de iluminação irá reduzir os desperdícios de energia elétrica, com uma redução drástica de horas de funcionamento nos pisos superiores (3, 3A, 4, 5 e 6), permitindo poupar energia e prolongar a longevidade das luminárias, reduzindo os custos de manutenção.

A medida vai adaptar a iluminação de circulação das caixas de escadas das torres à disponibilidade de luz natural através da separação física dos circuitos de iluminação das luminárias de patamar, dos pisos inferiores e superiores de modo a ser possível controlar a iluminação dos pisos superiores ao piso 2 através do autómato sem que as luminárias dos pisos inferiores sejam desligadas no período diurno. A separação terá que ser feita na caixa de derivação de iluminação do patamar que existe na *courette* técnica do segundo piso da torre em questão, onde irá ser desligada a alimentação que existe do segundo piso para os pisos superiores, exigindo que seja adicionado uma nova caixa de derivação de iluminação para ser feita a ligação do quadro elétrico do piso 0, onde está o interruptor rotativo que seleciona o controlo por autómato, aos pisos superiores. O circuito de iluminação das luminárias entre pisos, passa a ser comandado pelo mesmo interruptor rotativo que controla o circuito de iluminação das luminárias de patamar dos pisos superiores. Para além das alterações anteriormente referidas, as luminárias de patamar dos pisos inferiores das três torres serão substituídas por luminárias LED. Nos três pisos inferiores das torres R e T, a luminárias fluorescentes de 36 W serão substituídas por luminárias LED de 18W. Na torre S, serão quatro pisos, mas só serão substituídas as luminárias quando o piso -1 for ligado ao circuito de iluminação da caixa de escadas dos pisos inferiores. Com esta medida estima-se que seja poupado anualmente um total de 10894 kWh, resultando numa poupança aproximada de 1666 €. O modelo de cálculo da poupança esperada encontra-se no apêndice D.

O plano de medição e verificação (M&V) será concebido com a informação de relatórios mensais das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação, extraídos do programa de supervisão do edifício, como se pode observar na Tabela 5, de onde será retirado o número de horas de funcionamento das luminárias de patamar (pisos superiores e inferiores) e das luminárias entre pisos. Como as luminárias de patamar dos pisos superiores e as luminárias entre pisos são comandadas pelo autómato de gestão técnica, estas terão igual horário de funcionamento. Os valores das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação mensais das três torres deverão

ser utilizados para calcular o número de horas em funcionamento anual de cada um dos circuitos de iluminação. Com os valores totais do número de horas em funcionamento de cada um dos circuitos de iluminação, será possível preencher a Tabela 6 e chegar ao valor da energia consumida por cada circuito, a partir da multiplicação do número de horas de funcionamento pela potência instalada de cada circuito. No final dos cálculos, será possível chegar ao valor do consumo global de energia originado pelos circuitos de iluminação das caixas de escadas das torres.

Tabela 5 – Exemplo de relatório de horas de funcionamento dos circuitos de iluminação da torre R

Relatório de horas de funcionamento da Iluminação	
sábado, 7 de Fevereiro de 2015	
Torre R	
Descrição	Nº de Horas
Iluminação de circulação do piso 0	51
Iluminação de circulação do piso 1	51
Iluminação de circulação do piso 2	184
Iluminação de circulação do piso 3	62
Iluminação de circulação do piso 3A	31
Iluminação de circulação do piso 4	31
Projetores do piso 4	23
Iluminação de circulação do piso 5	23
Iluminação de circulação do piso 6	23
Iluminação das escadas interiores	0
Iluminação das escadas traseiras	0
Iluminação do núcleo das escadas	62

Tabela 6 – Exemplo de energia consumida pelos circuitos de iluminação das três torres

	Luminárias de patamar (Pisos Superiores)	Luminárias de patamar (Pisos Inferiores)	Luminárias entre pisos
Potência Instalada (kW)	0,711	0,180	0,462
Número de horas (h)	1403	8760	1403
Energia consumida (kWh)	998	1577	648
Consumo total (kWh)			3223

O custo da energia consumida deverá ser obtido com a divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação de energia, com preços por kWh diferentes. Assim, terá que se dividir o número de horas de funcionamento do mês pelo número de dias para se ter uma média do número de horas de funcionamento por dia, durante esse mês. Com o número médio de horas diário, será mais fácil de dividir as horas pelos períodos horários, tendo como referência as horas de funcionamento impostas pelo programa do autômato, que vão desde as 17:30 até às 21:00, todos os dias.

Seguindo o processo de cálculo do custo de energia consumida anteriormente referido, se o número de horas de funcionamento das luminárias de patamar dos pisos superiores for 117 horas

no mês de Janeiro, que tem 31 dias, o número de horas médio diário é de 3,8 horas, o que no período legal de Inverno, corresponde a 1,3 horas Cheias e 2,5 horas de Ponta, sendo o preço do consumo de energia ativa, segundo o contrato de energia estabelecido, de 0,1319 €/kWh nas horas Cheias e 0,2418 €/kWh nas horas de Ponta. Deverá ser seguido o raciocínio supracitado para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos períodos horários nos meses que fazem parte do período legal de Inverno e de Verão, que terão preços por energia consumida diferentes. O documento estruturado de aplicação da MRE nº2 encontra-se no apêndice D.

4.6.3. Substituição de tecnologia do sistema de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1

A MRE nº3 pretende reduzir o consumo de energia e melhorar a eficiência energética do sistema de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1 do edifício através da substituição da tecnologia existente (luminárias tubulares fluorescentes T8) por luminárias LED, tornando o sistema de iluminação mais eficiente. Esta alteração no sistema de iluminação vai permitir poupar energia e reduzir os custos de manutenção, devido à maior longevidade das luminárias. A redução do consumo de energia resulta da redução drástica de potência instalada consequente da substituição das luminárias de tecnologia fluorescente T8 por LED.

A substituição das luminárias fluorescente T8 (36 W) por luminárias LED (3,5 W) permite que a potência instalada em iluminação passe a ser 116W, face os 1316 W anteriores. Com a instalação das luminárias LED consegue-se reduzir os elevados consumos provocados pelas lâmpadas fluorescentes, mas também os consumos provocados pelos balastros ferromagnéticos que existiam nas luminárias da tecnologia anterior. Assim, é possível iluminar os corredores durante o mesmo número de horas sem que seja prejudicada a funcionalidade da iluminação de circulação do corredor e com consumos de energia consideravelmente mais baixos. Com esta medida estima-se que seja poupado anualmente um total de 10488 kWh, resultando numa poupança aproximada de 1466 €. O modelo de cálculo da poupança esperada encontra-se no apêndice E.

Na elaboração do plano M&V terá que ser calculada uma média dos valores instantâneos medidos de potência dos circuitos de iluminação dos corredores. Como é um circuito que está sempre ligado, para calcular o consumo anual, basta multiplicar pelo número de horas de um ano, 8760 horas. O custo da energia consumida deverá ser obtido através da divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação de energia, com preços por kWh diferentes.

Seguindo o cálculo do custo da energia consumida anteriormente referido, como este circuito permanece ligado 24 horas por dia, então em Janeiro as 24 horas seriam distribuídas em 4 horas de super vazio, 3 horas de vazio normal, 12 horas Cheias e 5 horas de Ponta, sendo o preço do consumo de energia ativa, segundo o contrato de energia estabelecido, de 0,0953 €/kWh nas horas de super vazio, 0,0970 €/kWh nas horas de vazio normal, 0,1319 €/kWh nas horas Cheias e 0,2418 €/kWh nas horas de Ponta. Deverá ser seguido o raciocínio anterior para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos períodos horários nos meses que fazem parte do período legal de Inverno e de Verão, que terão preços por energia consumida diferentes. O documento estruturado de aplicação da MRE nº3 encontra-se no apêndice E.

4.6.4. Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores

A MRE nº4 tem como objetivo reduzir o número de utilizações dos elevadores do edifício, com a conseqüente redução de consumo de energia sem que seja posto a acessibilidade de todos os espaços por pessoas com dificuldade de mobilidade. A redução do número de utilizações dos elevadores irá reduzir o desgaste das componentes dos elevadores, diminuindo os custos de manutenção. A solução para desencorajar as pessoas da utilização dos elevadores, assenta na implementação de duas medidas, com a mesma finalidade mas com intuitos diferentes.

A primeira medida tem como objetivo desincentivar as pessoas externas ao departamento de utilizar o elevador da torre B para os fins de circulação entre os outros Departamentos do Pólo II e a porta de acesso ao DEEC localizada no sexto piso da torre B. A medida passa por aumentar o tempo de espera de chamada do elevador. Com esse aumento, pretende-se que as pessoas comecem a utilizar as escadas para fins de circulação, pelo que o tempo de espera do elevador deverá ser retardado para meio minuto durante um período de três meses, de modo a que após este período seja possível repor para o valor de normal funcionamento do tempo de espera. Caso se verifique que a medida não está a influenciar os comportamentos dos utilizadores, deverá aumentar-se o tempo de espera, a fim de forçar os utilizadores a mudarem os seus hábitos.

A segunda medida tem como propósito a elaboração de uma campanha de sensibilização que persuade os ocupantes do edifício a usarem mais frequentemente as escadas, de modo a reduzir o número de utilizações dos elevadores, com a conseqüente redução dos consumos. Para o efeito, deverão ser impressas em autocolantes as figuras representadas em baixo e afixadas nas portas de entrada de piso dos elevadores, a uma altura de 1,70 metros do chão. Com esta medida estima-se que seja poupado anualmente um total de 1232 kWh, resultando numa poupança aproximada de 200 €. O modelo de cálculo da poupança esperada encontra-se no apêndice F.



Figura 12 - Autocolante de ação de sensibilização



Figura 13 - Autocolante de ação de sensibilização

O plano M&V para a MRE em questão será implementado com recurso a monitorizações de consumo de energia dos elevadores das torres (R,S,T e B), com o fim de se obter informação dos valores típicos de cada dia de semana, para que seja possível quantificar a poupança através dos valores adquiridos e dos valores de referência. Os aparelhos de aquisição de dados que serão utilizados nas torres (R, S e T) deverão ser colocados no circuito de alimentação do elevador no quadro elétrico do piso zero da torre correspondente. Na torre B, o circuito de alimentação do elevador encontra-se no quadro elétrico do piso 2. Os aparelhos deverão ser configurados para a duração de uma semana com intervalo de integração de 15 minutos. O custo da energia consumida deverá ser obtido a partir da multiplicação da energia consumida pelos diversos períodos horários de faturação de energia correspondentes às horas das monitorizações, com preços por kWh diferentes. O número de utilizações pode ser extrapolado dos diagramas de carga dos elevadores,

correspondendo os picos no diagrama ao número de utilizações. O documento estruturado de aplicação da MRE nº4 encontra-se no apêndice F.

4.6.5. Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação

A medida nº5 visa prevenir o desperdício de energia através de inspeções ao correto posicionamento dos diversos interruptores rotativos dos circuitos de iluminação que existem nos quadros elétricos das *courettes* técnicas. A necessidade de implementação desta medida surgiu quando, ao visitar as instalações onde se encontram os comandos de controlo da iluminação de piso das torres, foram identificadas irregularidades no posicionamento dos interruptores rotativos que, por norma, deveriam estar na posição de controlo por autómato na posição automático (A/Aut). Na maioria dos casos, as irregularidades deviam-se ao facto de existirem interruptores rotativos na posição Manual (M/MAN), que deixavam os circuitos de iluminação ininterruptamente ligados, originando desperdícios de energia com o aumento das horas em funcionamento fora do período regular e desgaste dos equipamentos. A fim de reduzir as irregularidades, estruturou-se uma inspeção trimestral aos interruptores rotativos para verificar o correto posicionamento dos interruptores através da consulta de uma tabela onde se encontra discriminada a posição correta de cada um deles. A posição correta nem sempre corresponde à posição A/Aut uma vez que existem zonas do DEEC em que a iluminação tem de permanecer sempre ligada, como o corredor dos pisos 0 e 1. Então, é preciso consultar a tabela para que não sejam cometidos erros na regularização do correto posicionamento dos rotativos.

A inspeção deverá ser executada segundo o seguinte percurso:

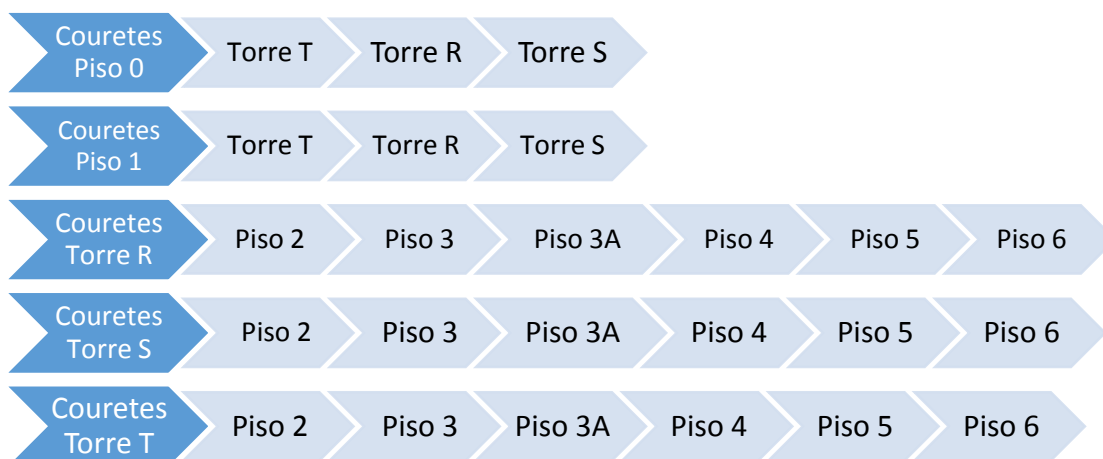


Figura 14 - Percurso de inspeção das instalações

Para que a medida tenha efeito prático, deverá ser divulgada junto dos técnicos que irão executar as inspeções e das pessoas que têm acesso às *courettes* técnicas, para que sejam

familiarizadas com as boas práticas de utilização dos interruptores, de modo a diminuir os desperdícios de energia provocados pelo erro humano.

Para complementar a MRE, deverá ser afixado em todos os quadros elétricos das *courettes* técnicas, no lado interior da porta do quadro, um esquema idêntico ao da Figura 15 com o correto posicionamento dos interruptores rotativos de comando.

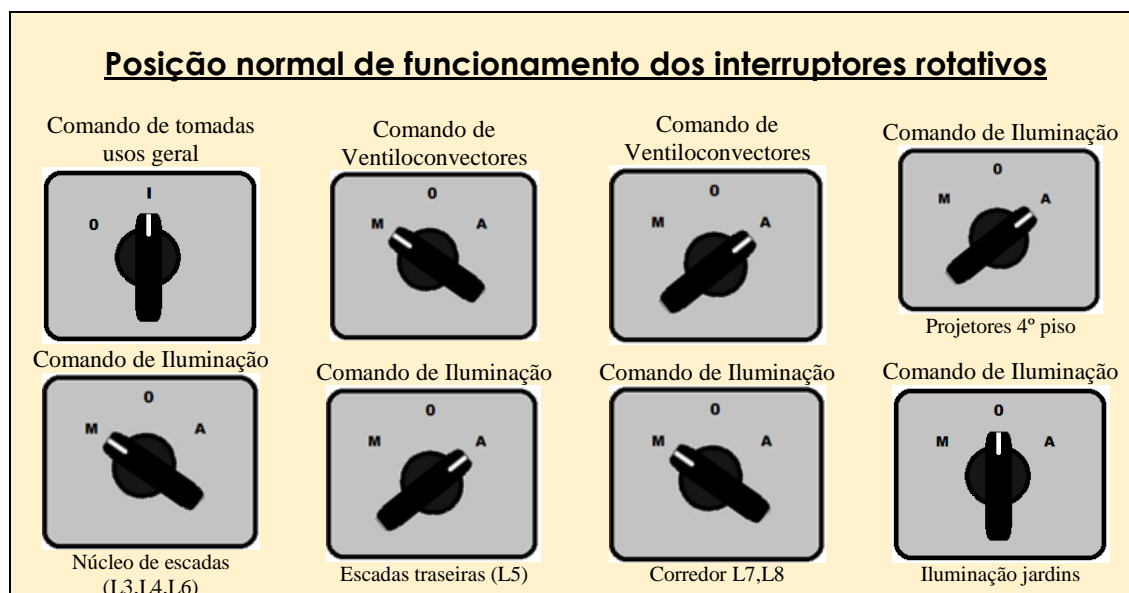


Figura 15- Exemplo de correto posicionamento dos interruptores rotativos do piso 0 da torre T

Os interruptores rotativos de comando dos ventiloinvectores são posicionados de acordo com os espaços onde estão inseridos, sendo a posição Aut./A o correto posicionamento, embora haja exceções, como se pode ver na Figura 15. O comando do ventiloinvector que se encontra na posição Man./M, climatiza um espaço que não se rege pelo horário de funcionamento do programa do automático, devido ao facto da necessidade de climatização não ser controlada pelo automático.

Como se trata de uma medida de prevenção em que não se consegue estimar com certeza as poupanças resultantes da implementação, não se elaborou nenhum plano M&V. O documento estruturado de aplicação da MRE nº5 encontra-se no apêndice G.

4.6.6. Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos

A medida nº6 pretende reduzir o desperdício de energia elétrica originado pelo excessivo número de horas em funcionamento dos aquecedores elétricos, através da aplicação de temporizadores programáveis digitais nos circuitos de alimentação dos aquecedores. A implementação desta medida vai permitir reduzir o consumo de energia, adaptar o controlo dos aquecedores ao horário semanal de funcionamento local e diminuir os desperdícios de energia em climatização.

O aumento do consumo energético nos meses mais frios deve-se principalmente ao recurso a aquecedores elétricos para colmatar a ineficácia dos sistemas de climatização do edifício que, por sua vez, se encontram inoperacionais. O problema da utilização de aquecedores elétricos advém de os mesmos permanecerem ligados durante largos períodos de tempo, inclusive quando os espaços se encontram não ocupados. A partir dos valores de telecontagem adquiridos através da base de dados do MeWaGo, fez-se uma média semanal da potência de base noturna no período de seis horas (1:00 até às 7:00). Foram utilizadas 6 semanas para amostra entre Dezembro e Janeiro (horário legal de inverno) e 6 semanas entre Abril e Maio (horário legal de verão).

Após a análise da média dos valores de potência base noturna durante as semanas de Dezembro e Janeiro (48 kW) e das semanas de Abril e Maio (37 kW), podemos concluir que a potência solicitada durante os meses mais frios sofre um aumento de 11 kW.

A identificação da diferença entre as potências de base dos diagramas de Inverno e de Verão (11 kW) destina-se a identificar a potência adicional média que os aquecedores elétricos impõem ao consumo do DEEC. Admitindo que este valor adicional ocorre injustificadamente durante as noites de Inverno e que os espaços estejam desocupados de facto cerca de 6 horas por noite (para se calcular conservativamente) a estimativa de consumo desnecessário é dada pela expressão (6).

Consumo = Diferença de potência base * N° de horas por dia * N° de dias da estação do arrefecimento (6)

Considerando que a diferença de potência base é de 11 kW, que o número de horas por dia são 6 horas e que o número de dias da estação de arrefecimento são 90 dias, então, o consumo vai ser de 5940 kWh, o que se traduz um custo acrescido de 201 €/mês na estação de arrefecimento. Como os meses mais frios são Dezembro, Janeiro e Fevereiro, estima-se que se possa poupar com esta medida um valor de 603 €.

A solução encontrada para evitar os desperdícios de energia, consiste na utilização de temporizadores programáveis digitais nos circuitos de alimentação dos aparelhos de aquecimento. Um exemplo deste tipo de dispositivo encontra-se representado na Figura 16.



Figura 16 - Exemplo de um temporizador programável digital

Os temporizadores programáveis digitais são dispositivos que permitem ligar e desligar aparelhos elétricos em horários pré-programados pelos utilizadores. Os horários podem variar consoante o dia da semana, dado que é possível fazer uma programação específica para cada dia da semana. Assim, será possível regular o funcionamento dos aquecedores segundo o horário de ocupação diário das salas ao longo da semana, evitando que os aparelhos permaneçam ininterruptamente ligados, mesmo quando os espaços se encontram vazios [11]. O modo de configuração encontra-se explicado no apêndice da medida.

Para que a medida seja bem-sucedida, deverá ser divulgada junto de todos os ocupantes do edifício que tenham acesso aos aquecedores elétricos e aos temporizadores programáveis digitais, para que se encontrem familiarizados com as boas práticas de utilização destes, de modo a diminuir os desperdícios de energia provocados pela desregulação dos temporizadores ou não utilização dos mesmos. No sentido de reduzir os desperdícios provocados pelo erro humano, deverão ser disponibilizadas cópias do plano de implementação, de modo a facilitar a programação dos temporizadores pelos utilizadores.

O investimento inicial da medida irá depender da quantidade e do preço dos temporizadores a adquirir porque, devido ao grande número de aquecedores elétricos utilizados nas instalações, será aconselhável comprar este dispositivo em grande quantidade a um revendedor, com o fim de se obter um preço mais vantajoso. Como se trata de uma medida em que não se conseguem estimar com certeza as poupanças resultantes da implementação, nem garantir o correto funcionamento dos temporizadores, não se elaborou nenhum plano M&V. O documento estruturado de aplicação da MRE nº6 encontra-se no apêndice H.

4.7. Cálculos energéticos e económicos

Os cálculos energéticos e económicos foram feitos através de estimativas das poupanças de consumo, onde se aplicou o maior rigor possível de modo a que a estimativa fosse a mais aproximada da realidade. No entanto, existem sempre fatores externos que podem alterar a natureza das condições de reporte, sobre as quais foram estimadas horas de funcionamento ou a potência instalada, podendo alterar os valores de poupança de consumo nas diversas medidas de racionalização de energia.

Na Tabela 7 estão presentes todas as MRE que irão ser implementadas e as respetivas estimativas dos valores de poupança, energéticos e monetários.

Tabela 7 - Sumário das MRE a implementar e poupanças respetivas

Nº	Poupanças Energética (kWh)	Poupanças Monetárias (€)	Percentagem de poupança em relação ao ano de referência	PRI (meses)
1	3662	621	0,69 %	5,13
2	10894	1666	2,05 %	0,25
3	10488	1470	1,97 %	2,04
4	1232	200	0,03 %	1,20
5	----	----	----	----
6	----	----	----	----
Total	26277	3958	4.74 %	----

Assim, espera-se que o PRCE permita alcançar uma poupança anual a rondar 26277 kWh, com uma poupança monetária de 3958 €. Os métodos de cálculo das poupanças de cada uma das medidas de racionalização de energia encontram-se devidamente explicados e justificados no apêndice da MRE respetiva.

4.8. Cronograma de implementação

O cronograma de implementação consiste numa planificação da execução das medidas de racionalização de energia ao longo dos anos de cumprimento do PRCE, tendo que ser aplicadas nos primeiros três anos todas as MRE que possuem um PRI inferior ou igual a três anos. Uma das principais razões para se fazer este planeamento, para além da obrigatoriedade subjacente ao PRI, parte da indisponibilidade de capital inicial para investir em todas as medidas no primeiro ano, levando a que tenha de ser feito um plano de investimento durante o PRCE, sem que sejam prejudicadas as metas desejadas para os indicadores energéticos.

Em relação ao PRCE do DEEC, entendeu-se que não havia necessidade de se fazer um cronograma, porque todas as soluções encontradas são medidas de baixo custo com valor inicial inferior ao valor de poupança da MRE, logo os PRI serão sempre muito reduzidos, não atingindo

em nenhuma das MRE o período de retorno de um ano. Pelas razões apresentadas, conclui-se que as MRE devem ser aplicadas, o mais rapidamente possível, durante o ano de 2015, para que se comecem a ter as margens de poupança esperada por cada uma delas.

4.9. Impacto das medidas de racionalização de energia nos indicadores energéticos do PRCE

Com as medidas a aplicar já bem definidas e os cálculos das poupanças de cada uma destas estimados, segue-se a análise do impacto que cada uma das MRE terá nos indicadores energéticos do PRCE, mais precisamente no CEE.

Na Tabela 8 é apresentado o impacto que cada uma das medidas terá para a redução do consumo específico de energia, anual e no ano final de vigência do PRCE.

Tabela 8 - Impacto de cada medida na redução do CEE, anual e final do PRCE

MRE	Poupança (kWh)		Poupança (kgep)		CEE (kgep/m ²)
	Anual	8 Anos	Anual	8 Anos	Anual
Nº1	3662	29298	787	6299	0,045
Nº2	10894	87152	2342	18738	0,133
Nº3	10488	83904	2255	18039	0,128
Nº4	1232	9860	265	2120	0,015
Nº5	----	----	----	----	----
Nº6	----	----	----	----	----
Total:	26277	210214	----	----	0,321

A partir da Tabela 8, onde consta o impacto de redução do CEE esperado após aplicação das medidas de racionalização, pode-se concluir que, face às metas de redução de CEE impostas de 0,0324 kgep/m² anual e 0,26 kgep/m² no final do plano. As expectativas do PRCE ser concluído com sucesso não poderiam ser mais positivas, dado que se espera atingir as metas de redução do consumo específico e superá-las. As metas apontam para uma poupança anual de 21.208 kWh, como o plano estima que a poupança ronde os 26.277 kWh, então este vai permitir reduzir o consumo em 4,9%, em vez dos 4% impostos pelas metas de redução.

4.10. Medidas Futuras

Embora tenha sido sugerido um conjunto de medidas para a melhoria da eficiência energética e redução de consumo do DEEC, existem muitas outras que poderiam ter sido incluídas, mas por serem pensadas tardiamente, não houve tempo de formular os planos para cada uma, deixando-as como propostas para alterações futuras.

4.10.1. Alteração dos circuitos de iluminação do piso 3

O sistema de iluminação do piso 3 agrega no mesmo circuito as luminárias que se localizam em frente aos gabinetes dos professores, as que se encontram junto das mesas de estudo e as que estão nos corredores dos laboratórios de investigação, situação que se replica nas três torres do edifício (R, S e T). Como o circuito de iluminação é controlado por autómato, este liga a iluminação das 17:30 até às 21:00 nos dias úteis. Fora desse horário, no período noturno a iluminação apenas é ligada caso os detetores de ocupação sejam acionados ou no caso de o sensor crepuscular das zonas escuras detetar níveis baixos de luminosidade durante o período diurno.

Embora o sistema esteja bem concebido do ponto de vista do controlo, este pode ainda ser melhorado porque, sempre que sai uma pessoa dos laboratórios para se dirigir à saída do segundo piso depois das 21 horas, caso este prossiga pelo acesso de escadas do piso 3 para o piso 2, todas as luzes associadas ao circuito de iluminação correspondente serão ligadas, inclusive as que estão em frente aos gabinetes do terceiro piso. A solução para evitar este desperdício passaria por separar o circuito de iluminação das luminárias da zona dos gabinetes, que se encontra marcada com cinzento na Figura 17, dos circuitos de iluminação das luminárias que se encontram na zona azul [12].

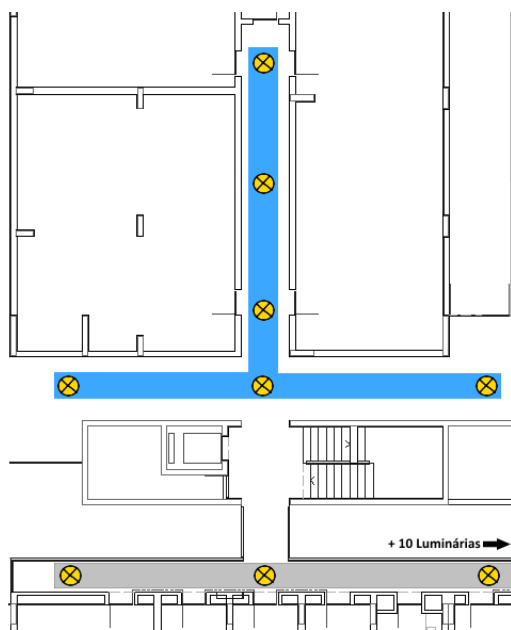


Figura 17 - Circuito de iluminação do terceiro piso da torre T

4.10.2. Instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B

A sala de estudo localizada no piso 6 da torre B é um espaço maioritariamente frequentado por alunos do pólo II com acesso 24 horas, todos os dias. Para ligarem a iluminação quando começa a escurecer os alunos recorrem a um conjunto de interruptores que existe à entrada, onde podem ligar os circuitos de iluminação que iluminam a sala. O principal problema do sistema de iluminação advém de este não possuir a capacidade para se desligar automaticamente. Por isso, sempre que o último aluno sair sem desligar os interruptores, as luminárias permanecerão ligadas ininterruptamente, originando desperdícios de energia. Podemos comparar o diagrama de carga de um dia em que os circuitos de iluminação foram desligados, presente na Figura 18, com outro em que não o foram, ilustrado na Figura 19.

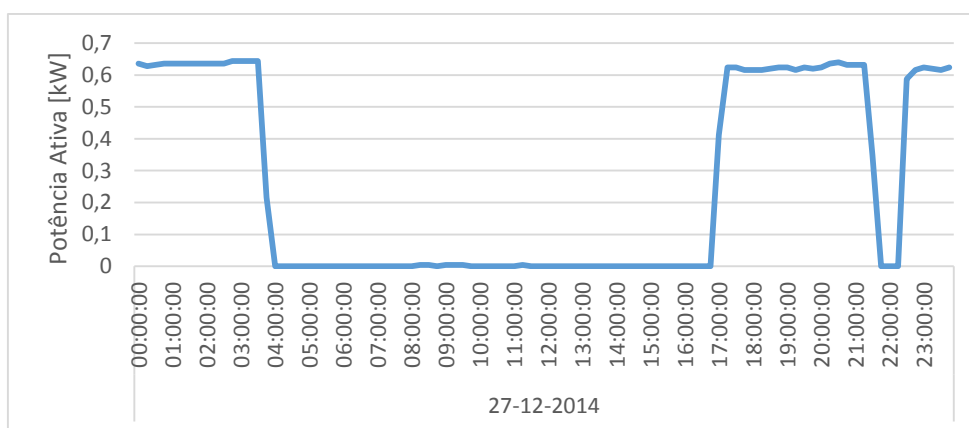


Figura 18 - Diagrama de carga da iluminação da sala de estudo em 27 de Dezembro

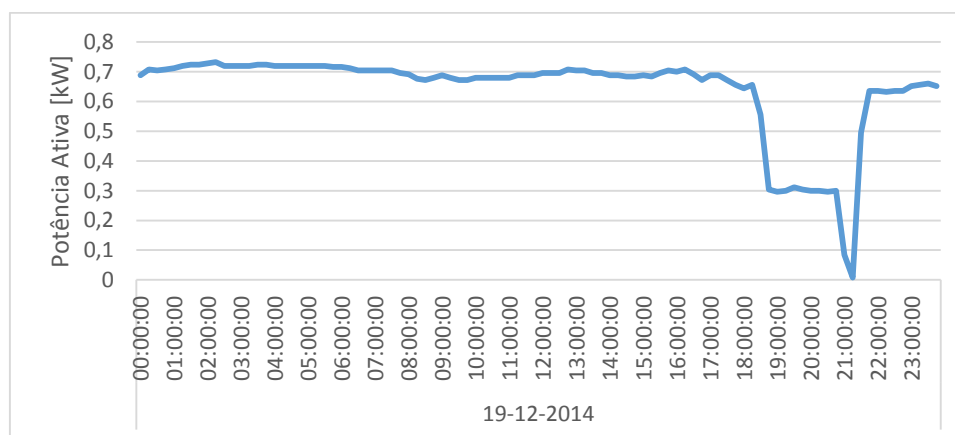


Figura 19 - Diagrama de carga da iluminação da sala de estudo em 19 de Dezembro

A solução encontrada para evitar que a iluminação fique ligada ininterruptamente, passa pela instalação de detetores de movimento em locais específicos com temporização que permita desligar a iluminação, caso não seja detetado nenhum movimento a partir de uma hora pré-definida. Os sensores deverão ser instalados e direcionados conforme a Figura 20.

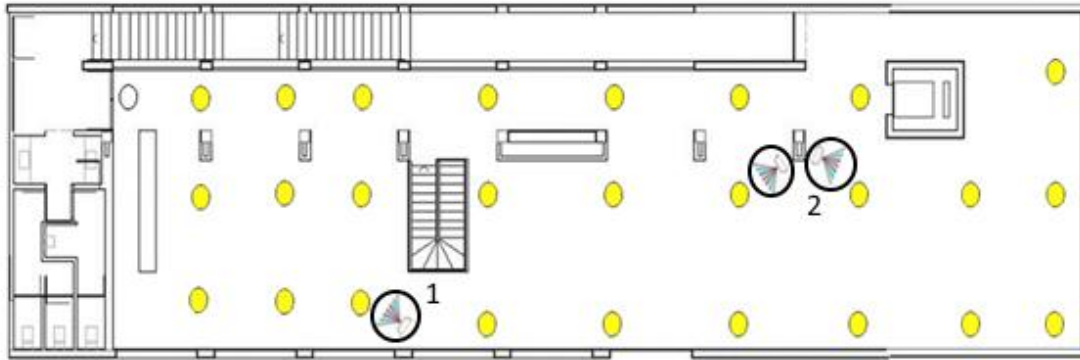


Figura 20 - Disposição dos sensores de movimento na planta da sala de estudo

Serão necessários três sensores de movimento, um para a zona 1 e dois para a zona 2, para que sejam abrangidos todos os locais de trabalho existentes na sala.

4.10.3. Instalação de um variador eletrónico de velocidade no motor de bombagem do sistema de climatização de torre T

O edifício do DEEC possui três sistemas de circuito fechado de água quente que climatizam as torres R, S e T. Cada sistema é constituído por uma caldeira e diversos ventiloconvectores distribuídos pelo edifício, em que a água quente em circuito fechado é posta em circulação por intermédio de bomba acionada por motor elétrico de 4 kW.

Estes sistemas não costumam estar operacionais devido a avarias e ao elevado número de ventiloconvectores por circuito, abrangendo espaços com utilizações muito diferentes, originando custos elevados de operação. Contudo, a gestão do DEEC optou por fazer algumas alterações na torre T para mitigar os problemas, tendo-se procedido à reparação das avarias no sistema de bombagem e à utilização parcial dos circuitos existentes na torre T, limitando a climatização apenas a alguns pisos da torre T.

Com a solução anterior esperava-se que os problemas do sistema fossem colmatados. No entanto, após a partição do sistema de canalização, a água começou a circular com um caudal maior por causa do circuito a percorrer ser mais reduzido, o que faz com que a água de retorno tenha uma temperatura bastante elevada e não seja aproveitada. Para além de a água de retorno ter uma temperatura elevada, o facto de a mesma circular com maior caudal nas canalizações, começou a provocar um ruído que se torna desagradável e perturbador das atividades de cada espaço.

O problema poderá ser resolvido através da regulação da velocidade do motor acoplado à bomba com o auxílio de um variador eletrónico de velocidade (VEV), que iria ajustar o caudal de bombagem em função da temperatura da água de retorno do sistema da climatização. Com esta medida será possível melhorar o sistema de climatização com a redução das perdas térmicas e melhorando o conforto acústico dos ocupantes dos espaços climatizados.

Capítulo 5

Conclusões

5. Conclusões

Nos dias de hoje, sete mil milhões de pessoas habitam o planeta Terra, com prospetivas que apontam para o crescimento deste número, há uma pressão para o aumento das necessidades energéticas, acarretando consequências ambientais, dado que a grande maioria da energia produzida em todo mundo ainda é proveniente de recursos de origem fóssil, com elevadas emissões de gases de efeito de estufa libertos nas centrais de produção. Para além da questão ambiental associada à produção de energia através da utilização de recursos fósseis, discute-se o facto de os mesmo constituírem uma fonte de energia primária finita que acabará por deixar de ser suficiente para satisfação das necessidades energéticas da população mundial. Com vista a solucionar esta problemática, o Homem terá de assumir a responsabilidade de zelar pelo futuro do planeta e arranjar soluções energéticas para ultrapassar os desafios que se avizinham.

A Universidade de Coimbra tem vindo ao longo dos anos a tomar iniciativas que pretendem estimular e incentivar a sua comunidade a desenvolver ideias que permitam tornar o seu campus universitário e consequentemente o nosso mundo mais eficientes do ponto de vista energético, através da implementação de medidas que conduzem à poupança de energia e que promovam boa gestão energética dos edifícios existentes nos pólos universitários.

Pelas razões anteriormente expostas, é fundamental a elaboração de um plano de racionalização de consumo de energia que permita que os edifícios sejam dotados de um manual de gestão de recursos, onde constem medidas de poupança de energia que imponham um método de utilização padronizado e eficiente da mesma, caso o edifício ultrapasse o limiar do consumo definido pelo SGCIE. Embora os decretos-lei pelos quais se regem os PRCE não fazerem nenhuma referência à necessidade de comprovar as poupanças esperadas, optou-se por estruturar planos de medição e verificação para que fosse possível dar maior garantia de obtenção dos valores de poupança calculados.

O consumo anual de energia elétrica no edifício do DEEC apresenta um valor de 113,99 tep, originando um consumo específico de energia de 6,47 kgep/m², calculado com base no consumo anual de eletricidade do ano de referência para e na área útil dos espaços do edifício de 17613 m². Embora o consumo anual não ultrapasse o limiar imposto pelo SGCIE, decidiu-se seguir os mesmos procedimentos para a elaboração de um PRCE de uma instalação com consumo entre os 500 tep e os 1000 tep, levando a que o período de aplicação do plano de racionalização seja de 8 anos.

Com o intuito de se reduzir o CEE do edifício, foram identificadas diversas medidas de racionalização de energia no decorrer da familiarização com as instalações e posteriormente com a realização de monitorizações associadas a cada uma das medidas. O estudo da implementação

das MRE revelou-se bastante promissor porque, devido à desagregação dos circuitos de iluminação dos laboratórios (LGE, LEP e LSE), à otimização do sistema de iluminação das caixas de escadas das torres (R, S e T), à substituição das lâmpadas fluorescentes do tipo T8 convencionais para luminárias LED no corredor dos pisos 0 e 1, à implementação de duas ações de sensibilização (uma para desencorajar a utilização dos elevadores e outra para alertar os ocupantes do DEEC para o correto uso dos aquecedores elétricos) e com a implementação de inspeções aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação, espera-se que seja possível alcançar a poupança anual no valor de 26.277 kWh em eletricidade e uma redução do CEE anual em 0,321 kgep/m². Como as metas relativas aos indicadores energéticos incluem reduzir o CEE para 6,21 kgep/m² ao fim de oito anos e de no mínimo manter a IC, pode-se antever que as expectativas do PRCE ser concluído com sucesso são boas, pelo facto de a redução do CEE esperado ao fim dos anos de vigência do plano ser de 0,321 kgep/m², face à meta imposta pelo SGCIE de redução do CEE no valor de 0,26 kgep/m².

Embora tenham sido estruturados planos de implementação para as medidas de racionalização supracitadas, existem outras que no futuro poderão ser aplicadas para melhorar os níveis de eficiência energética do edifício. Entre elas constam a alteração dos circuitos de iluminação do piso 3, a instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B e instalação de um variador eletrónico de velocidade no motor de bombagem do sistema de climatização da torre T.

Referências Bibliográficas

- [1] R. Comini, F. Clement, F. Puente, A. Orlandi, and I. Oliveira, “Eficiência energética nos edifícios residenciais,” 2008.
- [2] “Agência para a Energia,” *SGCIE*. [Online]. Available: <http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SGCIE/Paginas/Homepage.aspx>.
- [3] “Ministério da economia e da inovação,” *Decreto-Lei n.º 71/2008*, vol. 1.^a série, no. 74, 2008.
- [4] P. E. do Conselho, “Directiva 2006/32/CE,” *J. Of. da União Eur.*, vol. 2006, pp. 64–85, 2006.
- [5] Efficiency Valuation Organization, “Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético,” vol. 1, p. 142, 2009.
- [6] “Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores,” 2014. [Online]. Available: <http://www.uc.pt/fctuc/deec/departamento/Instalacoes>.
- [7] R. Santos, “Monitorização de consumos num pólo universitário - contributo para um campus sustentável,” 2014.
- [8] J. Andrade, “Auditoria de Energia Elétrica em Edifício do Pólo Universitário - Edifício da Engenharia Mecânica,” 2011.
- [9] Streamline, “MeWaGo.” [Online]. Available: <http://mewago.streamline.pt/users/login>.
- [10] “Ministério da Economia e da Inovação,” *Despacho n.º 17313/2008*, vol. 2.^a série, no. 122, 2008.
- [11] Exatron, “Timer Digital.” [Online]. Available: <http://www.exatron.com.br/content/produtos/Detalhe.aspx?c=21&sc=0&pid=164>.
- [12] P. Ferreira, “Identificação e Execução de Medidas Corretivas à Gestão Técnica no Edifício do DEEC,” 2011.

Apêndice A

Desagregação dos circuitos de iluminação do Laboratório de Gestão de Energia

Designação da medida: Desagregação dos circuitos de iluminação do Laboratório de Gestão de Energia (LGE)

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC)

Tipo de medida: Iluminação

1.Objetivos

Esta medida tem como objetivo reduzir o consumo e adaptar o controlo da iluminação à taxa de ocupação da sala, de modo a que seja possível ligar apenas as luzes situadas na zona onde os ocupantes desenvolvem as suas atividades, sem que haja desperdício de energia e com vista em prolongar a longevidade das lâmpadas e, conseqüentemente, a um menor número de intervenções, com redução dos custos operacionais.

2.Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução do consumo de eletricidade do Laboratório de Gestão de Energia;
- Redução da fatura de eletricidade do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores;
- Redução das operações de manutenção, devido à redução do tempo de funcionamento das luminárias, e conseqüentes custos operacionais.

3.Barreiras que a medida tenta contornar

A única barreira identificada consiste na falta de capacidade de mobilização de mão-de-obra técnica habilitada para executar as alterações.

4.Descrição e implementação da medida

O Laboratório de Gestão de Energia (LGE) caracteriza-se por ter uma área de 94,6 m² uma potência instalada de 940 W em iluminação, distribuída por quatro circuitos. Estes quatro circuitos de iluminação encontram-se agregados aos pares no quadro elétrico do laboratório através de dois disjuntores Merlin Gerin C60H C10, iluminação sala L2 e iluminação sala L3 respetivamente, como se pode visualizar na Figura A.1.



Figura A.1 - Disjuntores de iluminação do LGE

O laboratório de gestão de energia é maioritariamente frequentado por alunos de mestrado, a desenvolver dissertação, que estabelecem o seu local de trabalho em diversos sítios da sala, levando a que nem sempre seja necessário que certas zonas do laboratório sejam iluminadas, dado que pode não estar nenhum aluno nessa zona. O facto de a sala apenas ter dois disjuntores de iluminação impossibilita que a iluminação da sala seja regulada segundo a localização da ocupação. Logo, se um aluno estabelecer o seu local de trabalho (LT) no início do laboratório, ele terá que ligar o disjuntor L2 para iluminar o seu local, mas também irá ligar todas as luminárias associadas à iluminação da zona 1, como se pode visualizar na Figura A.2, existindo um claro desperdício de energia. Esta situação sucede de igual modo no caso de o LT se localizar na zona 2 da Figura A.2, ao ligar-se o disjuntor L3.

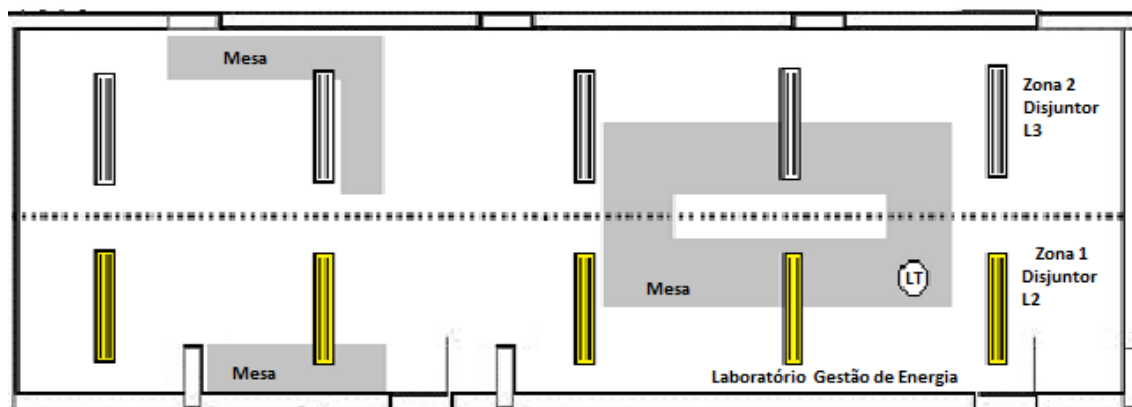


Figura A.2 - Planta do Laboratório Gestão de Energia (LGE)

A solução encontrada para adaptar o controlo da iluminação do LGE à ocupação passa pela criação de quatro zonas de trabalho (Zonas 1, 2, 3 e 4), como se pode ver na Figura A.3, com a atribuição de um interruptor modular a cada uma das zonas, nomeado com a sigla I1, I2, I3 ou I4, consoante a zona correspondente. Para isso, é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação (disjuntor L2 e disjuntor L3), como se pode ver na Figura A.1, para um conjunto de quatro interruptores modulares, como na Figura A.4.

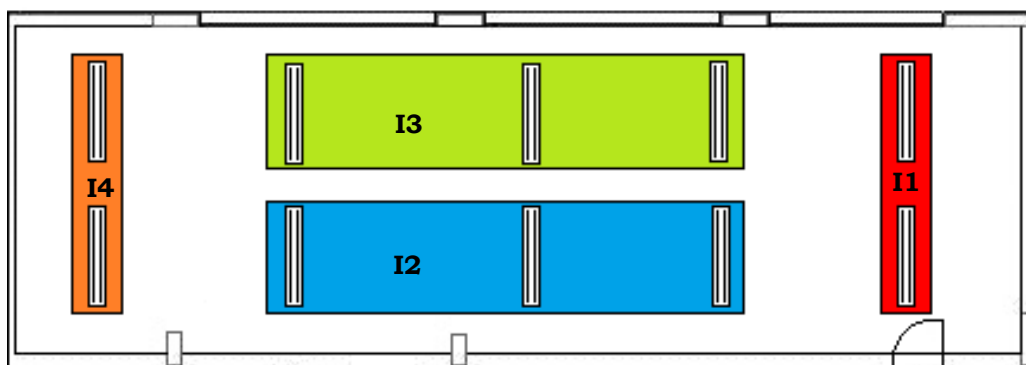


Figura A.3 - Planta do LGE com nova distribuição de zonas de iluminação



Figura A.4 - Novo conjunto de interruptores de iluminação do LGE

Para melhor utilização do conjunto de interruptores é aconselhável que a distribuição dos interruptores pelas respetivas zonas de iluminação do laboratório seja representada através de uma imagem no quadro elétrico do LGE, como por exemplo na Figura A.3.

Por vezes, as luminárias podem não estar distribuídas pelos circuitos de iluminação de modo a ser possível fazer a divisão das luminárias por zonas, como pretendido na Figura A.3. Assim, terá que ser alterada a configuração das caixas de derivação de iluminação, refazendo as ligações das entradas e saídas das mesmas para construir a configuração que nós pretendemos. O material utilizado para refazer as ligações poderá ser o cabo H05VV-F 4x1,5 mm².

5.Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de iluminação do Laboratório de Gestão de Energia, com quatro zonas de iluminação, face à situação anterior, que apenas tinha duas zonas de iluminação, apresenta as seguintes vantagens:

- Melhor adaptação da iluminação à ocupação;
- Menor desperdício de energia (menor consumo);
- Redução da fatura energética.

6. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do LGE, através de uma breve explicação do funcionamento dos interruptores de iluminação que se encontram no quadro elétrico do LGE, indicando a zona de iluminação a que cada um deles corresponde. É essencial que os ocupantes se encontrem sensibilizados para as boas práticas de utilização dos sistemas de iluminação, de modo a que a poupança esperada com a medida corresponda à poupança real.

7. Custos de implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam na Tabela A.1.

Tabela A.1 - Custo de implementação total

Nome	Quantidade (unidade)	Preço (€/unidade)
Cabo H05VV-F 4x1,5 mm ²	10 Metros	1,37 €/Metro
Interruptor modelar	4 Interruptores	1,25 €/Unidade
Mão-de-obra	-----	-----
Total	-----	18,67€

8. Identificação do cenário de referência

A energia elétrica do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores é maioritariamente consumida nas instalações de iluminação, devido ao facto de ser um edifício onde a atividade principal é a lecionação de aulas.

A tecnologia de referência considerada nesta medida é caracterizada por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W, com balastos de 11 W.

O número médio de dias por ano foi definido segundo:

- Número de dias úteis do 1º Semestre na perspetiva da utilização do LGE pelos alunos de dissertação, que vai desde 15 de Setembro de 2014 (data de início do 1º Semestre) até 21 de Fevereiro de 2015 (data final de apresentação de dissertação de 1º Semestre) – **112 dias úteis**;
- Número de dias úteis do 2º Semestre na perspetiva da utilização do LGE pelos alunos de dissertação, que vai desde 9 de Fevereiro de 2015 (data de início do 2º Semestre) até 30 de Julho de 2015 (data final de apresentação de dissertação de 2º Semestre) – **121 dias úteis**;

O número médio de horas em funcionamento da iluminação do laboratório, obtido através de observação, foi estimado em **8 horas diárias** dado que, mesmo durante o período diurno, a iluminação natural do espaço é muito reduzida.

Regime de funcionamento:

1. Número médio de horas diárias de funcionamento: 8 horas
2. Número médio de dias por ano: 233 dias
3. Número médio de horas anuais: 1864 horas/ano

Na Tabela A.2 podemos conferir a potência instalada em iluminação no Laboratório Gestão de Energia (LGE).

Tabela A.2 - Potência instalada em iluminação no LGE

	Potência Lâmpadas (36W)	Potência Balastros (11 W)	Potência Total (W)
Quantidade	20 Lâmpadas	20 Balastros	940

A partir de um levantamento no terreno do número de ocupantes do laboratório, chegou-se à conclusão que o LGE, na maior parte das vezes, encontra-se a metade da lotação que este pode suportar. Como os ocupantes se encontram dispersos pelo laboratório, por norma a iluminação permanece toda ligada, devido às limitações de adaptação do sistema de iluminação ao número de ocupantes. Através da criação das quatro zonas de iluminação do espaço (Z1, Z2, Z3 e Z4), proporcionadas pela implementação da MRE, podemos estimar uma média de poupança, consoante as áreas iluminadas.

Tabela A.3 - Número de lâmpadas acesas por zona, antes e após a MRE

Zonas	Z1	Z2	Z3	Z4	Z1,Z2	Z1,Z3	Z1,Z4	Z2,Z3	Z2,Z4	Z3,Z4
Nº Lâmpadas ligadas S/MRE	10	10	10	10	20	10	20	20	10	20
Nº Lâmpadas ligadas C/MRE	4	6	6	4	10	10	8	12	10	10

Através da Tabela A.3, foi possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação, conseguidas com a implementação da MRE, em relação à configuração dos circuitos de iluminação que existia anteriormente. A estimativa das poupanças por zona e a média global da poupança da MRE encontra-se na Tabela A.4 .

Tabela A.4 - Estimativa das poupanças resultantes da implementação da MRE

Zonas	Z1	Z2	Z3	Z4	Z1,Z2	Z1,Z3	Z1,Z4	Z2,Z3	Z2,Z4	Z3,Z4	Média
Potência S/MRE (W)	470	470	470	470	940	470	940	940	470	940	658
Potência C/MRE (W)	188	282	282	188	470	470	376	564	470	470	376
Poupança (W)	282	188	188	282	470	0	564	376	0	470	282
Poupança (%)	60	40	40	60	50	0	60	40	0	50	40

Como podemos ver na Tabela A.4, a poupança média com implementação da MRE irá rondar os 40%. Como o consumo anual em iluminação do LGE é de cerca de 1577 kWh, estima-se que a poupança energética anual seja aproximadamente de 851 kWh, que resultará em uma poupança anual de 130 €. No fim do período de concretização do plano de racionalização de consumos de energia, o valor total poupado será aproximadamente de 6812 kWh e de 1044 €. O valor das poupanças monetárias foi calculado segundo o número de horas em funcionamento em cada um dos diferentes escalões horários, que por sua vez, têm preços por kWh diferentes.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) é calculado através do quociente entre o custo de investimento inicial e a poupança anual resultante da implementação da MRE. Assim, como o custo investimento inicial é de 19€ e a poupança anual 130€, estima-se que o período de retorno do investimento será de 1 meses e 23 dias.

9. Plano de Verificação e Medição

9.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

A opção de M&V escolhida é a Opção A, Volume 1 do IPMVP,EVO 1000 - 1:2009

A fronteira de medição:

- Medição instantânea de potência, em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- Estimativa das horas de ocupação.

Para o plano de M&V optou-se pela opção A, porque o consumo de energia em iluminação é condicionado pela quantidade de horas de ocupação do LGE, tendo a quantidade de horas de ocupação sido obtida através de um inquérito realizado aos ocupantes do laboratório.

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas fluorescentes tubulares 36W (20)
 - Balastros ferromagnéticos 11 W (20)
- Número de horas médio referência: 1864 h/ano (estimativa)

9.2. Período de reporte

Após a implementação da medida de racionalização de energia, deve-se fazer uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, a fim de se saber a potência exata de cada um deles, para que não haja aproximações desnecessárias no cálculo dos consumos. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo ser três meses durante período legal de inverno e outros três durante o período legal de verão. O propósito de serem três meses em cada um dos períodos

permite que seja feita uma média do número de horas de ocupação, de modo a que o valor do número de horas seja o mais aproximado possível da realidade.

9.3. Método

O plano de medição e verificação passará pelo preenchimento de um inquérito, em que cada pessoa que frequentar o Laboratório de Gestão de Energia terá a responsabilidade de preencher um registo, como o representado na Tabela A.5, com a data e hora de entrada no laboratório, e quais os interruptores de iluminação que foram ligados pelo próprio, devendo à saída registar a hora de saída e desligar os interruptores dos circuitos de iluminação, anteriormente ligados se for o único utilizador da sala nesse momento. O inquérito deverá estar junto aos interruptores de iluminação, em formato de papel, para que seja evitado o esquecimento, a fim de se reduzirem as lacunas de registos ou parcelas não preenchidas.

Tabela A.5 - Formato do inquérito do plano de M&V a executar no LGE

Plano de Medição e Verificação (M&V) - Laboratório de Gestão de Energia (LGE)									
Data	Hora de entrada		Hora de saída		Interruptor(es) - Ligados				Observações
(dd-mm-aa)	(HH)	(mm)	(HH)	(mm)	I1	I2	I3	I4	
10-12-14	12	45	13	30		X			Lâmpada Avariada

Após o período de reporte, onde será preenchido o inquérito com o formato da Tabela A.5, deve-se proceder ao preenchimento da folha de cálculo com o nome Plano_M&V_lge, onde deverão ser lançados os dados que constam na folha do inquérito. Após ser feita a passagem de todos os dados do inquérito, será necessário fazer uma separação das horas de ocupação dos registos pelos seguintes períodos horários: Super Vazio, Vazio Normal, Cheias e Pontas. Com o preenchimento da tabela dos diferentes períodos horários, será possível obter o número de horas total de ocupação do LGE e o custo associado na faturação de energia elétrica, e comparar com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

9.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não envolve o uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados na mesma, como impressões do inquérito em formato papel, são de custo reduzido ou inexistente, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, dado que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE, que se encontram no tópico 7 do documento.

Apêndice B

Desagregação dos circuitos de iluminação do Laboratório de Eletrônica de Potência

Designação da medida: Desagregação dos circuitos de iluminação do Laboratório de Eletrónica de Potência (LEP)

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC)

Tipo de medida: Iluminação

1. Objetivos

Esta medida tem como objetivo reduzir o consumo e adaptar o controlo da iluminação à taxa de ocupação da sala, de modo a que seja possível ligar apenas as luzes situadas na zona onde os ocupantes desenvolvem as suas atividades, sem que haja desperdício de energia e com vista a prolongar a longevidade das lâmpadas e, conseqüentemente, menor número de intervenções com redução dos custos operacionais.

2. Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução do consumo de eletricidade do Laboratório de Eletrónica de Potência;
- Redução da fatura de eletricidade do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores;
- Redução das operações de manutenção, devido à redução do tempo de funcionamento das luminárias, e conseqüentes custos operacionais.

3. Barreiras que a medida tentar contornar

A única barreira identificada consiste na falta de capacidade de mobilização de mão-de-obra técnica habilitada para executar as alterações.

4. Descrição e implementação da medida

O Laboratório de eletrónica de potência (LEP) caracteriza-se por ter uma área de 183,2 m² e uma potência de 1692 W em iluminação, distribuída por quatro circuitos. Estes quatro circuitos de iluminação encontram-se agregados aos pares no quadro elétrico do laboratório através de dois disjuntores Merlin Gerin C60H C10, iluminação sala L2 e iluminação sala L3 respetivamente, como se pode visualizar na Figura B.1.



Figura B.1 - Disjuntores de iluminação do LEP

O laboratório de eletrônica de potência é maioritariamente frequentado por alunos a desenvolver dissertação e por alunos que frequentam as aulas práticas da cadeira de Eletrônica de Potência, que são lecionadas neste laboratório. Os alunos que se encontram a desenvolver dissertação estabelecem o seu local de trabalho no último terço da sala. Por outro lado, as aulas são lecionadas nos dois primeiros terços da sala, logo nem sempre é necessário que certas zonas do laboratório sejam iluminadas, dado que pode não estar nenhum aluno nessa zona.

O facto de a sala apenas ter dois disjuntores de iluminação de sala impossibilita que a iluminação da sala seja regulada segundo a localização dos ocupantes. Como os alunos que se encontram a desenvolver a dissertação estabelecem o posto de trabalho no último terço do laboratório, terão que ligar o disjuntor L2 e disjuntor L3 para iluminar o seu posto, mas também irão ligar todas as luminárias associadas aos dois primeiros terços do laboratório, como se pode visualizar na Figura B.2, existindo um claro desperdício de energia. Esta situação sucede de igual modo, no caso de o laboratório estar a ser usado para a leção de aulas.

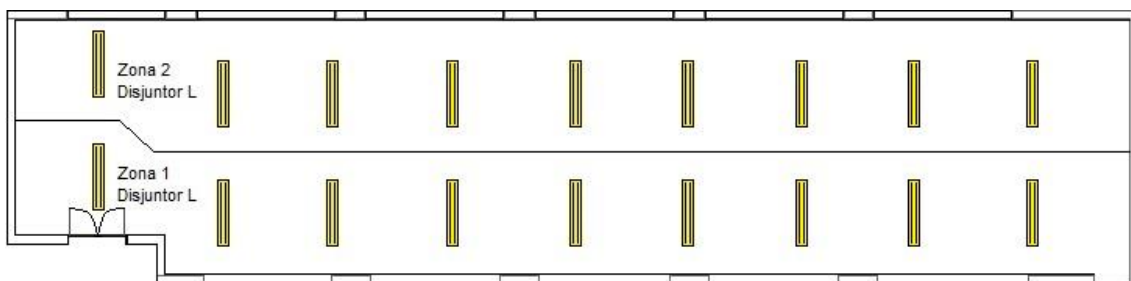


Figura B.2 - Planta do Laboratório de Eletrônica de Potência

A solução encontrada para adaptar a iluminação do LEP à ocupação, passa pela criação de quatro zonas de trabalho (Zonas 1, 2, 3 e 4), como se pode ver na Figura B.3, em que seria atribuído um interruptor modular a cada uma das zonas, nomeado com a sigla I1, I2, I3 ou I4, consoante a zona correspondente. Para isso é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação (disjuntor L2 e disjuntor L3), como se pode ver na Figura B.1, para um conjunto de quatro interruptores modulares, como por exemplo da Figura B.4.

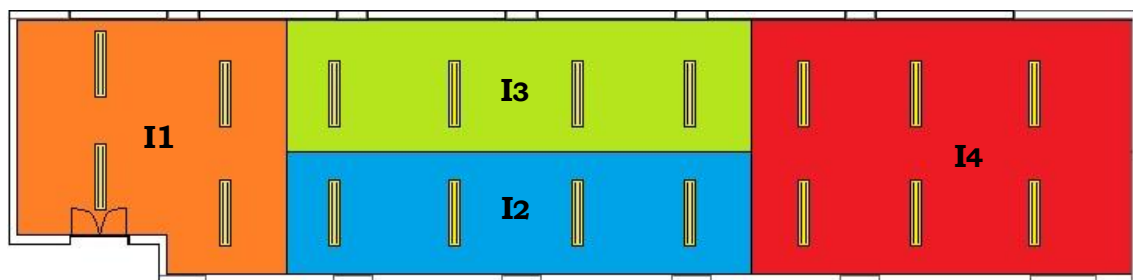


Figura B.3 - Planta do LEP com nova distribuição de zonas de iluminação



Figura B.4 - Novo conjunto de interruptores de iluminação do LEP

Para melhor utilização do conjunto de interruptores é aconselhável que, a distribuição dos interruptores pelas respetivas zonas de iluminação do laboratório seja representada através de uma imagem no quadro elétrico do LEP, como exemplificado na Figura B.3.

Por vezes, as luminárias podem não estar distribuídas pelos circuitos de iluminação de modo a ser possível fazer a divisão das luminárias por zonas, como pretendido na Figura B.3. Assim, terá que ser alterada a configuração das caixas de derivação de iluminação, refazendo as ligações das entradas e saídas das mesmas para construir a configuração pretendida. O material utilizado para refazer as ligações poderá ser o cabo H05VV-F 4x1,5 mm².

5. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de iluminação do laboratório de eletrónica de potência, com quatro zonas de iluminação, face à situação anterior, que apenas tinha duas zonas de iluminação, apresenta as seguintes vantagens:

- Melhor adaptação da iluminação à ocupação;
- Menor desperdício de energia (menor consumo);
- Redução da fatura energética.

6. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do LEP, através de uma breve explicação do funcionamento dos disjuntores de iluminação que se encontram no quadro elétrico do LEP, indicando a zona de iluminação a que cada um deles corresponde. É essencial que os ocupantes se encontrem sensibilizados para as boas práticas de utilização dos sistemas de iluminação, de modo a que a poupança esperada com a medida corresponda à poupança real.

7. Custos de implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam na Tabela B.1.

Tabela B. 1 - Custo de implementação total

Nome	Quantidade (unidade)	Preço (€/unidade)
Cabo H05VV-F 4x1,5 mm ²	20 Metros	1,37 €/Metro
Interruptor modelar	4 Interruptores	1,25 €/Unidade
Mão-de-obra	-----	-----
Total	-----	32,4€

8. Identificação do cenário de referência

A energia elétrica do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores é maioritariamente consumida nas instalações de iluminação, devido ao facto de ser um edifício onde a atividade principal é a lecionação de aulas.

A tecnologia de referência considerada nesta medida é caracterizada por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W, com balastros de 11 w.

O número médio de dias por ano foi definido segundo:

- Número de dias úteis do 1º Semestre dos alunos de dissertação, que vai desde 15 de Setembro de 2014 (data de início do 1º Semestre) até 21 de Fevereiro de 2015 (data final de apresentação de tese de 1º Semestre) – **112 dias úteis**;
- Número de dias úteis do 2º Semestre dos alunos de dissertação, que vai desde 9 de Fevereiro de 2015 (data de início do 2º Semestre) até 30 de Julho de 2015 (data final de apresentação de tese de 2º Semestre) – **121 dias úteis**;

O número médio de horas em funcionamento da iluminação do laboratório, obtido através de observação de campo, estima-se que ronde as **8 horas diárias**, dado que mesmo durante o período diurno, a iluminação natural do espaço seja muito reduzida.

Regime de funcionamento:

1. Número médio de horas diárias de funcionamento: 8 horas
2. Número médio de dias por ano: 233 dias
3. Número médio de horas anuais: 1864 horas/ano

Na Tabela B.2 podemos conferir a potência instalada em iluminação no laboratório LEP.

Tabela B. 2 - Potência instalada em iluminação no LEP

	Potência Lâmpadas (36W)	Potência Balastros (11W)	Potência Total (W)
Quantidade	36 Lâmpadas	36 Balastros	1692

A partir de um levantamento no terreno do número de ocupantes do LEP, chegou-se à conclusão que o LEP, na maior parte das vezes, se encontra apenas com alunos a desenvolver dissertação. Como os ocupantes se encontram no último terço do laboratório, por norma a iluminação permanece toda ligada, devido às limitações de adaptação do sistema de iluminação ao número de ocupantes e postos de trabalho. Através da criação das quatro zonas de iluminação do espaço (Z1, Z2, Z3 e Z4), proporcionadas pela implementação da MRE, podemos estimar uma média de poupança, consoante as áreas iluminadas.

Tabela B. 3 - Estimativa das poupanças resultantes da implementação da MRE

Zonas	Z1	Z2	Z3	Z4	Z1,Z2	Z1,Z3	Z1,Z4	Z2,Z3	Z2,Z4	Z3,Z4	Z1,Z2,Z3	Z2,Z3,Z4	Média
Pot.S/MRE (W)	1692	846	846	1692	1692	1692	1692	1692	1692	1692	1692	1692	1551
Pot.C/MRE (W)	376	376	376	564	752	752	940	752	940	940	1128	1316	768
Poupança (W)	1316	470	470	1128	940	940	752	940	752	752	564	376	783
Poupança (%)	77,8	55,6	55,6	66,7	55,6	55,6	44,4	55,6	44,4	44,4	33,3	22,2	50,9

A partir da Tabela B.3, foi possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação, conseguidas com a implementação da MRE, em relação à configuração dos circuitos de iluminação que existiam anteriormente. Como podemos ver na Tabela 3, a poupança média com implementação da MRE irá rondar os 50,9%, como o consumo anual em iluminação do LEP ronda os 2891 kWh, julga-se que a poupança energética anual seja aproximadamente de 1472 kWh, que resultará em uma poupança anual de 246 €.

Ao fim do plano de racionalização de consumos de energia, o valor total poupado será aproximadamente de 11778 kWh e de 1966 €. O valor das poupanças monetárias foi calculado segundo o número de horas em funcionamento em cada um dos diferentes escalões horários, que por sua vez, têm preços por kWh diferentes.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) é calculado através do quociente entre o custo de investimento inicial e a poupança anual resultante da implementação da MRE. Assim, como o custo investimento inicial é de 33 € e a poupança anual 246 €, estima-se que o período de retorno do investimento será de 1 meses e 18 dias.

9. Plano de Verificação e Medição

9.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

A opção de M&V escolhida é a opção A, Volume 1 do IPMVP,EVO 1000 - 1:2009

A fronteira de medição:

- Medição instantânea de potência, em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- Estimativa das horas de ocupação.

Para o plano de M&V optou-se pela Opção A, porque o consumo de energia em iluminação é condicionado pela quantidade de horas de ocupação do LEP, tendo a quantidade de horas de ocupação sido obtida através de um inquérito realizado aos ocupantes do laboratório.

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas fluorescente tubular 36 W (36)
 - Balastros ferromagnéticos 11 W (36)
- Número de horas médio referência: 1864 h/ano (estimativa)

9.2. Período de reporte

Após a implementação da medida de racionalização de energia, deve-se fazer uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, a fim de se saber a potência exata de cada um deles, para que não haja erros no cálculo dos consumos. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo três meses ser durante período legal de inverno e os outros três durante o período legal de verão. O propósito de serem três meses em cada um dos períodos permite que seja feita uma média de o número de horas de ocupação, de modo a que o valor do número de horas seja o mais aproximado possível da realidade.

9.3. Método

O plano de medição e verificação passará pelo preenchimento de um inquérito, em que cada pessoa que frequentar o Laboratório de Eletrônica de Potência terá a responsabilidade de preencher um registo, como o representado na Tabela B.4, com a data e hora de entrada no laboratório, e quais os interruptores de iluminação que foram ligados pelo próprio, devendo à saída registar a hora de saída e desligar os interruptores dos circuitos de iluminação, anteriormente ligados se for o único utilizador da sala nesse momento. O inquérito deverá estar junto aos interruptores de iluminação, em formato de papel, para que seja evitado o esquecimento, a fim de se reduzirem as lacunas de registos ou parcelas não preenchidas.

Tabela B.4 - Formato do inquérito do plano de M&V a executar no LEP

Plano de Medição e Verificação (M&V) - Laboratório de Eletrónica de Potência (LEP)									
Data (dd-mm-aa)	Hora de entrada		Hora de saída		Interruptor(es) - Ligados				Observações
	(HH)	(mm)	(HH)	(mm)	I1	I2	I3	I4	
10-12-14	12	45	13	30		X			Lâmpada Avariada

Após o período de reporte, onde será preenchido o inquérito com o formato da Tabela B.4, deve-se proceder ao preenchimento da folha de cálculo com o nome Plano_M&V_lep, onde deverão ser lançados os dados que constam na folha do inquérito. Após ser feita a passagem de todos os dados do inquérito, será necessário fazer uma separação das horas de ocupação dos registos pelos seguintes períodos horários: Super Vazio, Vazio Normal, Cheias e Pontas. Com o preenchimento da tabela dos diferentes períodos horários, será possível obter o número de horas total de ocupação do LEP e o custo associado na faturação de energia elétrica, e comparar com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

9.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não envolve o uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados na mesma, como impressões do inquérito em formato papel, são de custo reduzido ou inexistente, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, dado que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE, que se encontram no tópico 7 do documento.

Apêndice C

Desagregação dos circuitos de iluminação do Laboratório de Sistemas Eletromecânicos

Designação da medida: Desagregação dos circuitos de iluminação do Laboratório de Sistemas Eletromecânicos (LSE)

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC)

Tipo de medida: Iluminação

1.Objetivos

Esta medida tem como objetivo reduzir o consumo e adaptar o controlo da iluminação à taxa de ocupação da sala, de modo a que seja possível ligar apenas as luzes situadas na zona onde os ocupantes desenvolvem as suas atividades, sem que haja desperdício de energia e com vista a prolongar a longevidade das lâmpadas e, conseqüentemente, menor número de intervenções com redução dos custos operacionais.

2.Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução do consumo de eletricidade do Laboratório de Sistemas Eletromecânicos;
- Redução da fatura de eletricidade do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores;
- Redução das operações de manutenção, devido à redução do tempo de funcionamento das luminárias, e conseqüentes custos operacionais.

3.Barreiras que a medida tentará contornar

A única barreira identificada consiste na falta de capacidade de mobilização de mão-de-obra técnica habilitada para executar as alterações.

4.Descrição e implementação da medida

O Laboratório de Sistemas Eletromecânicos (LSE) caracteriza-se por ter uma área de 167,2 m² e uma potência de 1504 W em iluminação, distribuída por 4 circuitos. Estes circuitos de iluminação encontram-se agregados aos pares no quadro elétrico do laboratório através de dois disjuntores Merlin Gerin C60H C10, iluminação sala L2 e iluminação sala L3 respetivamente, como se pode visualizar na Figura C.1.



Figura C. 1 - Disjuntores de iluminação do LSE

O Laboratório de Sistemas Eletromecânicos é frequentado por alunos de mestrado, a desenvolver dissertação que estabelecem o seu local de trabalho em diversos locais da sala, logo nem sempre é necessário que certas zonas do laboratório sejam iluminadas, dado que pode não estar nenhum aluno nessa zona.

O facto de a sala apenas ter dois disjuntores de iluminação de sala impossibilita que a iluminação seja regulada segundo a localização dos ocupantes. Como os alunos estabelecem o seu posto de trabalho no primeiro terço do laboratório, estes terão que ligar o disjuntor L2 e disjuntor L3 para iluminar o seu posto, mas também irão ligar todas as luminárias associadas à iluminação dos dois últimos terços do laboratório, como se pode visualizar na Figura C.2, existindo um claro desperdício de energia. Caso os alunos pretendam fazer ensaios, estes terão acender a iluminação dos últimos dois terços do laboratório, mas para isso têm que ligar de igual modo toda a iluminação, existindo um claro desperdício de energia em iluminação de espaços vazios.

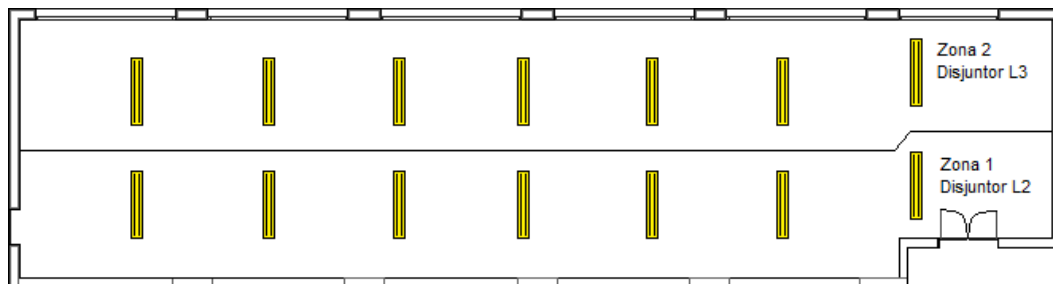


Figura C. 2 - Planta do Laboratório Sistemas Eletromecânicos

A solução encontrada para adaptar a iluminação do LSE à ocupação, passa pela criação de quatro zonas de trabalho (Zonas 1, 2, 3 e 4), como se pode ver na Figura C.3, em que seria atribuído um interruptor modular a cada uma das zonas, nomeado com a sigla I1, I2, I3 ou I4, consoante a zona correspondente. Para isso é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação (disjuntor L2 e disjuntor L3), como se pode ver na Figura C.1, para um conjunto de quatro interruptores modulares, como por exemplo da Figura C.4.

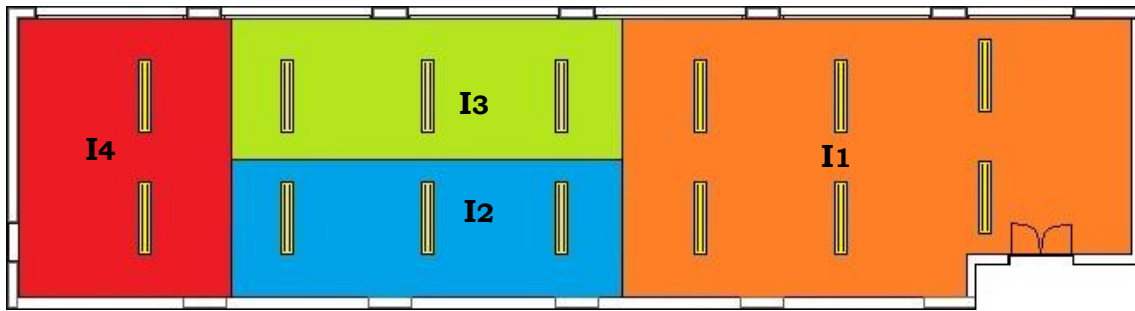


Figura C. 3 - Planta do LSE com nova distribuição de zonas de iluminação



Figura C. 4 - Novo conjunto de interruptores de iluminação do LSE

Para melhor utilização do conjunto de interruptores é aconselhável que, a distribuição dos interruptores pelas respetivas zonas de iluminação do laboratório seja representada através de uma imagem no quadro elétrico do LSE, como exemplificado na Figura C.3.

Por vezes, as luminárias podem não estar distribuídas pelos circuitos de iluminação de modo a ser possível fazer a divisão das luminárias por zonas, como pretendido na Figura C.3. Assim, terá que ser alterada a configuração das caixas de derivação de iluminação, refazendo as ligações das entradas e saídas das mesmas para construir a configuração pretendida. O material utilizado para refazer as ligações poderá ser o cabo H05VV-F 4x1,5 mm².

5.Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de iluminação do laboratório de sistemas eletromecânicos, com quatro zonas de iluminação, face à situação anterior, que apenas tinha duas zonas de iluminação, apresenta as seguintes vantagens:

- Melhor adaptação da iluminação à ocupação;
- Menor desperdício de energia (menor consumo);
- Redução da fatura energética.

6. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do LSE, através de uma breve explicação do funcionamento dos disjuntores de iluminação que se encontram no quadro elétrico do LSE, indicando a zona de iluminação a que cada um deles corresponde. É essencial que os ocupantes se encontrem sensibilizados para as boas práticas de utilização dos sistemas de iluminação, de modo a que a poupança esperada com a medida corresponda à poupança real.

7. Custos de implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam na Tabela C.1.

Tabela C. 1 - Custo de implementação total

Nome	Quantidade (unidade)	Preço (€/unidade)
Cabo H05VV-F 4x1,5 mm ²	20 Metros	1,37 €/Metro
Interruptor modelar	4 Interruptores	1,25 €/Unidade
Mão-de-obra	-----	-----
Total	-----	32,4€

8. Identificação do cenário de referência

A energia elétrica do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores é maioritariamente consumida nas instalações de iluminação, devido ao facto de ser um edifício onde a atividade principal é a lecionação de aulas.

A tecnologia de referência considerada nesta medida é caracterizada por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W, com balastros de 11 w.

O número médio de dias por ano foi definido segundo:

- Número de dias úteis do 1º Semestre dos alunos de dissertação, que vai desde 15 de Setembro de 2014 (data de início do 1º Semestre) até 21 de Fevereiro de 2015 (data final de apresentação de tese de 1º Semestre) – **112 dias úteis**;
- Número de dias úteis do 2º Semestre dos alunos de dissertação, que vai desde 9 de Fevereiro de 2015 (data de início do 2º Semestre) até 30 de Julho de 2015 (data final de apresentação de tese de 2º Semestre) – **121 dias úteis**;

O número médio de horas em funcionamento da iluminação do laboratório, obtido através de observação de campo, estima-se que ronde as **8 horas diárias**, dado que mesmo durante o período diurno, a iluminação natural do espaço seja muito reduzida.

Regime de funcionamento:

1. Número médio de horas diárias de funcionamento: 8 horas
2. Número médio de dias por ano: 233 dias
3. Número médio de horas anuais: 1864 horas/ano

Na Tabela C.2 podemos conferir a potência instalada em iluminação no Laboratório de Sistemas Eletromecânicos (LSE).

Tabela C. 2 - Potência instalada em iluminação no LSE

	Potência Lâmpadas (36W)	Potência Balastros (11W)	Potência Total (W)
Quantidade	28 Lâmpadas	28 Balastros	1504

A partir de um levantamento no terreno do número de ocupantes do laboratório, chegou-se à conclusão que o LSE, na maior parte das vezes, se encontra a metade da lotação. Como os ocupantes se encontram dispersos pelo laboratório, por norma a iluminação permanece toda ligada, devido às limitações de adaptação do sistema de iluminação ao número de ocupantes. Através da criação das quatro zonas de iluminação do espaço (Z1, Z2, Z3 e Z4), proporcionadas pela implementação da MRE, podemos estimar uma média de poupança, consoante as áreas iluminadas.

Tabela C. 3 - Estimativa das poupanças resultantes da implementação da MRE

Zonas	Z1	Z2	Z3	Z4	Z1,Z2	Z1,Z3	Z1,Z4	Z2,Z3	Z2,Z4	Z3,Z4	Z1,Z2,Z3	Z2,Z3,Z4	Média
Pot.S/MRE (W)	1504	752	752	1504	1504	1504	1504	1504	1504	1504	1504	1504	1379
Pot.C/MRE (W)	564	282	282	376	846	846	940	564	658	658	1128	940	674
Poupança (W)	940	470	470	1128	658	658	564	940	846	846	376	564	705
Poupança (%)	62,5	62,5	62,5	75	43,8	43,8	37,5	62,5	56,2	56,2	25	37,5	52,1

A partir da Tabela C.3, foi possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação, conseguidas com a implementação da MRE, em relação à configuração dos circuitos de iluminação que existiam anteriormente. Como podemos ver na Tabela C.3, a poupança média com implementação da MRE irá rondar os 52%, como o consumo anual em iluminação do LSE ronda os 2570 kWh, julga-se que a poupança energética anual seja aproximadamente de 1338 kWh, que resultará em uma poupança anual de 223 €.

Ao fim do plano de racionalização de consumos de energia, o valor total poupado será aproximadamente de 10708 kWh e de 1788 €. O valor das poupanças monetárias foi calculado segundo o número de horas em funcionamento em cada um dos diferentes escalões horários, que por sua vez, têm preços por kWh diferentes.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) é calculado através do quociente entre o custo de investimento inicial e a poupança anual resultante da implementação da MRE. Assim, como o custo do investimento inicial é de 33 € e a poupança anual 223 €, estima-se que o período de retorno do investimento será de 1 meses e 24 dias.

9. Plano de Verificação e Medição

9.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

A opção de M&V escolhida é a Opção A, Volume 1 do IPMVP,EVO 1000 - 1:2009

A fronteira de medição:

- Medição instantânea de potência, em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- Estimativa das horas de ocupação.

Para o plano de M&V optou-se pela Opção A, porque o consumo de energia em iluminação é condicionado pela quantidade de horas de ocupação do LSE, tendo a quantidade de horas de ocupação sido obtida através de um inquérito realizado aos ocupantes do laboratório.

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas fluorescente tubular 36 W (28)
 - Balastros ferromagnéticos 11 W (28)
- Número de horas médio referência: 1864 h/ano (estimativa)

9.2. Período de reporte

Após a implementação da medida de racionalização de energia, deve-se fazer uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, a fim de se saber a potência exata de cada um deles, para que não haja erros no cálculo dos consumos. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo três meses ser durante período legal de inverno e os outros três durante o período legal de verão. O propósito de serem três meses em cada um dos períodos permite que seja feita uma média de o número de horas de ocupação, de modo a que o valor do número de horas seja o mais aproximado possível da realidade.

9.3. Método

O plano de medição e verificação passará pelo preenchimento de um inquérito, em que cada pessoa que frequentar o Laboratório de Sistemas Eletromecânicos terá a responsabilidade de preencher um registo, como o representado na Tabela C.4, com a data e hora de entrada no laboratório, e quais os interruptores de iluminação que foram ligados pelo próprio, devendo à saída registar a

hora de saída e desligar os interruptores dos circuitos de iluminação, anteriormente ligados se for o único utilizador da sala nesse momento. O inquérito deverá estar junto aos interruptores de iluminação, em formato de papel, para que seja evitado o esquecimento, a fim de se reduzirem as lacunas de registos ou parcelas não preenchidas.

Tabela C. 4 - Formato do inquérito do plano de M&V a executar no LSE

Plano de Medição e Verificação (M&V) - Laboratório de Sistemas Eletromecânicos (LSE)									
Data (dd-mm-aa)	Hora de entrada		Hora de saída		Interruptor(es) - Ligados				Observações
	(HH)	(mm)	(HH)	(mm)	I1	I2	I3	I4	
10-12-14	12	45	13	30		X			Lâmpada avariada

Após o período de reporte, onde será preenchido o inquérito com o formato da Tabela C.4, deve-se proceder ao preenchimento da folha de cálculo com o nome Plano_M&V_lse, onde deverão ser lançados os dados que constam na folha do inquérito. Após ser feita a passagem de todos os dados do inquérito, será necessário fazer uma separação das horas de ocupação dos registos pelos seguintes períodos horários: Super Vazio, Vazio Normal, Cheias e Pontas. Com o preenchimento da tabela dos diferentes períodos horários, será possível obter o número de horas total de ocupação do LSE e o custo associado na faturação de energia elétrica, e comparar com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

9.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não envolve o uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados na mesma, como impressões do inquérito em formato papel, são de custo reduzido ou inexistente, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, dado que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE, que se encontram no tópico 7 do documento.

Apêndice D

Otimização do sistema de iluminação da caixa de escadas das torres R, S e T

Designação da medida: Otimização do sistema de iluminação da caixa de escadas das torres R, S e T

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC)

Tipo de medida: Iluminação

1.Objetivos

Esta medida tem como objetivo reduzir o consumo e otimizar a eficiência energética dos sistemas de iluminação das torres R, S e T do edifício. A implementação desta medida irá permitir que a iluminação passe a ser controlada pelo autómato do edifício, de modo a evitar que as luzes estejam 24 horas sobre 24 horas ligadas devido a zonas menos iluminadas situadas nos pisos 0, 1 e 2. A otimização do sistema de iluminação das torres irá reduzir os desperdícios de energia em iluminação, por causa da redução drástica de horas de funcionamento dos mesmo, permitindo prolongar a longevidade das lâmpadas e, conseqüentemente, menor exigência de manutenção das luminárias.

2.Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução do consumo de eletricidade nos sistemas de iluminação das torres;
- Redução da fatura de eletricidade do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e dos Computadores;
- Redução das operações de manutenção, devido à redução do tempo de funcionamento das luminárias, e consequentes custos operacionais.

3.Barreiras que a medida pretende contornar

A única barreira identificada consiste na falta de capacidade de mobilização de mão-de-obra técnica habilitada para executar as alterações.

4. Descrição e implementação da medida

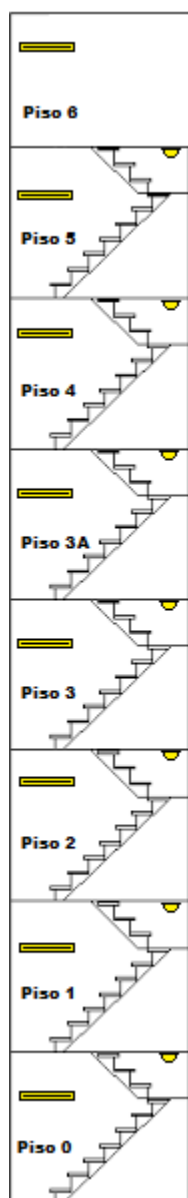


Figura D. 1 - Sistema de iluminação da torre T

As torres R, S e T caracterizam-se por terem a estrutura da Figura D.1, à exceção da torre S que tem mais um piso que as outras duas torres (R e T), o piso - 1. As torres R e T possuem uma potência instalada total de 524 W, que resulta da soma da potência das 7 luminárias de patamar (397 W) e das 6 luminárias que existem entre os pisos (127 W). A torre S, por ter mais um piso em relação às outras torres, possui uma potência instalada total de 592 W. A iluminação de circulação de torre encontra-se toda agregada em dois circuitos, o circuito das luminárias de patamar e o circuito das luminárias que existem entre os pisos.

Apesar de o edifício possuir uma componente envidraçada elevada, existem pisos das torres que não têm luz natural disponível, como os pisos inferiores (0, 1 e 2), ao contrário dos pisos superiores (3, 3A, 4, 5 e 6), logo as necessidades de iluminação serão diferentes. Assim, embora a iluminação das torres possa ser comandada pelo automático do edifício, não se encontra com essa opção operacional, devido à insuficiente iluminação de circulação nos pisos inferiores. Essa limitação obriga que seja desligado o comando de iluminação do automático, alterando o período de funcionamento do sistema de iluminação das 17:30 às 21:00, para passar a funcionar durante 24 horas por dia, todos os dias. Com a desativação do comando do automático, para além da alteração do período de funcionamento, as luminárias passam a estar todas em funcionamento durante 24 horas, originando elevados consumos de energia elétrica.

A solução encontrada para adaptar a iluminação de circulação da caixa de escadas das torres consoante a iluminação natural, passa pela separação física dos circuitos de iluminação, das luminárias de patamar, dos pisos inferiores e superiores, de modo a ser possível iluminar os pisos inferiores durante o período diurno, sem que seja obrigatório ligar a iluminação dos pisos superiores.

A separação será feita através da caixa de derivação de iluminação do patamar que existe na *courette* do segundo piso. A caixa de derivação encontra-se representada na Figura D.2, onde podemos ver que esta recebe um caminho de cabos da *courette* do piso inferior (piso 1), designado por 1, e de onde saem dois caminhos de cabos, o cabo 2 que vai alimentar a luminária de patamar e o cabo 3 que vai alimentar a caixa de derivação que existe no piso superior (piso 3).

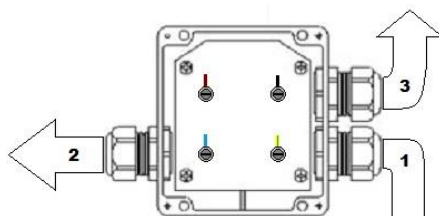


Figura D. 2 - Esquema de ligação da caixa de derivação de iluminação do patamar

Para que seja possível fazer a separação dos pisos, tem que se eliminar a saída de caminho de cabos, designado por 3 na Figura D.2, que faz a ligação da caixa de derivação de iluminação do patamar do segundo piso à caixa de derivação do piso superior (piso 3). A alimentação da caixa de derivação do terceiro piso, que anteriormente era feita através da caixa do piso inferior, passa a ser feita através de uma nova caixa de derivação auxiliar instalada na courete do segundo piso, como se pode ver na Figura D.3.

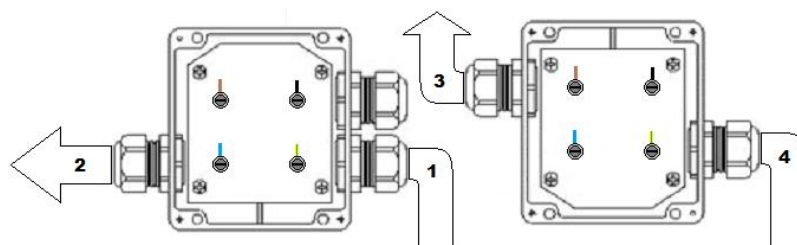


Figura D. 3 - Novo esquema de ligação das caixas de derivação de iluminação no segundo piso

A nova caixa de derivação vai-se interligar à caixa de derivação do piso superior pelo caminho de cabos nº 3, sendo a alimentação dos pisos superiores assegurada através do cabo nº4 que irá ligar a um circuito de reserva no quadro elétrico do piso 0 que, por sua vez, será comandado pelo automático. O caminho de cabos nº4 chega ao quadro elétrico do piso 0 e liga-se, através do borne nº57, a um disjuntor unipolar que é alimentado pelo disjuntor das luminárias de patamar da torre. Assim, torna-se possível comandar a iluminação de circulação dos pisos superiores de acordo com a iluminação natural e horários de funcionamento do edifício, sem que seja prejudicada a iluminação de circulação dos pisos inferiores, como acontecia anteriormente.

5.Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de iluminação de circulação da caixa de escadas das torres, com a separação dos pisos inferiores e superiores, face à anterior estratégia, que regulava a iluminação de igual forma independentemente do piso, apresenta as seguintes vantagens:

- Melhor regulação da iluminação de acordo com a iluminação natural dos pisos das torres;
- Menor desperdício de energia (menor consumo);
- Redução da fatura energética em eletricidade;
- Redução dos custos de manutenção das luminárias;

6. Orçamento

Os custos relativos à implementação da medida constam na Tabela D.1.

Tabela D. 1 – Custo de implementação total

Nome	Quantidade (unidade)	Preço (€/unidade)
Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	18 Metros	1,37 €/Metro
Caixa de derivação	1 Caixa	1,25 €/Unidade
Bornes	2 Bornes de 1,5 mm ²	-- €/Unidade
Disjuntor	1 Disjuntor	1,25 €/Unidade
Mão-de-obra	-----	-----
Total	-----	35 €

7. Identificação do cenário de referência

A energia elétrica do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores é maioritariamente consumida nas instalações de iluminação, devido ao facto de ser um edifício onde a atividade principal é a lecionação de aulas.

A tecnologia de referência considerada nesta medida consiste em luminárias de teto tubular com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W com um balastro de 10 W, e luminárias de teto duplas fluorescentes com lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) de 9 W, com um balastro de 3W.

Regime de funcionamento:

1. Número médio de horas diárias de funcionamento: 24
2. Número médio de dias por ano: 365
3. Número médio de horas anuais: 8.760 horas

Tabela D. 2 - Potência das tecnologias standard.

	T8	CFL
Potência da tecnologia atual (Lâmpadas + Balastro)	36 W + 10 W	2*9 W + 3 W
Nº Luminárias	25 Luminárias	22 Luminárias
Potência Instalada	1150 W	462 W

Potência média e consumo anual do conjunto de equipamentos *standard*

No cálculo das poupanças anuais, utiliza-se o valor de horas médio anual calculado na alínea anterior.

1. Potência = $(1150 + 462) = 1612$ kW
2. Consumo anual = 14121 kWh
3. Custo = 1969 €

De momento, as luminárias de circulação da caixa de escadas das torres, ou seja, as luminárias de patamar e as luminárias entre pisos, encontram-se em funcionamento durante 24 horas, todos os dias. Com a implementação da medida, são alterados os períodos de funcionamento das luminárias dos pisos superiores e inferiores. As luminárias entre pisos, tanto dos pisos superiores como dos inferiores, passam a funcionar das 17:30 às 21:00. As luminárias de patamar dos pisos inferiores (pisos 0, 1 e 2) continuam a funcionar durante 24 horas todos os dias, devido à inexistência de luz natural. Para além da alteração da torre, foram substituídas as dez luminárias dos pisos inferiores por luminárias LED de 18W.

O autómato possui um sensor crepuscular que permite ligar ou manter desligado a iluminação consoante a luz natural. Assim no inverno, em dias de pouca luminosidade, as luzes podem ligar antes das 17:30, e no verão, manter as luzes desligadas depois 17:30, caso a essa hora ainda haja uma boa luminosidade. Por esta razão, foi feita uma média do número de horas em funcionamento durante o período legal de verão, estimando-se que esse número ronde 2 horas, estimando-se que o consumo total anual passe a 3189 kWh, com um custo anual de 303 €.

A poupança energética anual estimada irá rondar os 10894 kWh, resultando numa poupança de 1666 € na fatura anual. Ao fim do plano de racionalização de consumos de energia, o valor total poupado será aproximadamente de 87152 kWh e de 13328 €. O valor das poupanças monetárias foi calculado segundo o número de horas em funcionamento em cada um dos diferentes períodos horários, que por sua vez, têm preços por kWh diferentes.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) é calculado através do quociente entre o custo de investimento inicial e a poupança anual resultante da implementação da MRE. Assim, como o custo investimento inicial é de 35 € e a poupança anual 1666 €, estima-se que o período de retorno do investimento será de 8 dias.

8. Plano de Verificação e Medição

8.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

A opção de M&V escolhida é a opção A, Volume 1 do IPMVP,EVO 1000 - 1:2009

A fronteira de medição:

- Medição instantânea de potência, nas saídas de iluminação do quadro elétrico;
- Estimativa das horas de funcionamento da iluminação;

Para o plano de M&V optou-se pela opção A, porque o consumo de energia em iluminação é condicionado pela quantidade de horas de iluminação das torres, sendo a quantidade de horas fornecida todos os meses pela aplicação de supervisão do edifício, através de relatórios de horas de funcionamento dos circuitos de iluminação.

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas fluorescente tubular 36 W (15)
 - Balastros ferromagnéticos 10 W (15)
 - Luminárias LED 18 W (10)
 - Lâmpadas CFL 9 W (44)
 - Balastros ferromagnéticos 3 W (22)

8.2. Período de reporte

Após a implementação da medida de racionalização de energia, deve-se fazer uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, a fim de se saber a potência exata de cada um deles, para que não haja erros no cálculo dos consumos. O período de reporte deverá ser de um ano, ser requerido ao gestor das instalações, um relatório das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação todos os meses, durante um ano.

8.3. Método

O plano de medição e verificação (M&V) será concebido com a informação de relatórios mensais das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação, como se pode observar na Tabela D.3, de onde será retirado o número de horas de funcionamento das luminárias de patamar (pisos superiores e inferiores) e das luminárias entre pisos. Como as luminárias de patamar dos pisos superiores e as luminárias entre pisos são comandadas pelo autômato, estas terão igual horário de funcionamento. Os valores das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação mensais das três torres deverão ser utilizados para calcular o número de horas em funcionamento anual de cada

um dos circuitos de iluminação. Com os valores totais do número de horas em funcionamento de cada um dos circuitos de iluminação, será possível preencher a Tabela D.4 e chegar ao valor da energia consumida por cada circuito, a partir da multiplicação do número de horas de funcionamento pela potência instalada de cada circuito. No final dos cálculos, será possível chegar ao valor do consumo global de energia originado pelos circuitos de iluminação das caixas de escadas das torres.

Tabela D. 3 – Exemplo de relatório de horas de funcionamento dos circuitos de iluminação da torre R

Relatório de horas de funcionamento da Iluminação	
sábado, 7 de Fevereiro de 2015	
Torre R	
Descrição	Nº de Horas
Iluminação de circulação do piso 0	51
Iluminação de circulação do piso 1	51
Iluminação de circulação do piso 2	184
Iluminação de circulação do piso 3	62
Iluminação de circulação do piso 3A	31
Iluminação de circulação do piso 4	31
Projetores do piso 4	23
Iluminação de circulação do piso 5	23
Iluminação de circulação do piso 6	23
Iluminação das escadas interiores	0
Iluminação das escadas traseiras	0
Iluminação do núcleo das escadas	62

Tabela D. 4 - Exemplo de energia consumida pelos circuitos de iluminação das três torres

	Luminárias de patamar (Pisos Superiores)	Luminárias de patamar (Pisos Inferiores)	Luminárias entre pisos
Potência Instalada (kW)	0,711	0,180	0,462
Número de horas (h)	1403	8760	1403
Energia consumida (kWh)	998	1577	648
Consumo total (kWh)			3223

O custo da energia consumida deverá ser obtido com a divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação de energia, com preços por kWh diferentes. Assim, terá que se dividir o número de horas de funcionamento do mês pelo número de dias para se ter uma média do número de horas de funcionamento por dia, durante esse mês. Com número médio de horas diário, será mais fácil de dividir as horas pelos períodos horários, tendo como referência as horas de funcionamento do automático, que vai desde as 17:30 até 21:00, todos os dias.

Seguindo o processo de cálculo do custo de energia consumido supracitado, se o número de horas de funcionamento das luminárias de patamar dos pisos superiores for 117 horas no mês de Janeiro, que tem 31 dias, o número de horas médio diário é de 3,8 horas, o que no período legal de Inverno, D-8

corresponde a 1,3 horas Cheias e 2,5 horas de Ponta, sendo que o preço do consumo de energia ativa segundo o contrato de energia estabelecido fica 0,10€/kWh nas horas Cheias e 0,16€/kWh nas horas de Ponta. Logo, o custo do consumo do circuito de iluminação das luminárias de patamar dos pisos superior em Janeiro seria de 12€. Deverá ser seguido o raciocínio supracitado para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos períodos horários nos meses que fazem parte do período legal de Inverno e de Verão, que terão preços por energia consumida diferentes.

8.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não envolve o uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados na mesma, como impressões do inquérito em formato papel, são de custo reduzido ou inexistente, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, dado que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE, que se encontram no tópico 6 do documento.

Apêndice E

Substituição de tecnologia do sistema de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1

Designação da medida: Substituição de luminárias de tecnologia fluorescente T8 por LEDs no corredor dos pisos 0 e 1

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC)

Tipo de medida: Iluminação

1.Objetivos

Esta medida tem como objetivo reduzir o consumo e otimizar a eficiência energética dos sistemas de iluminação dos corredores dos pisos 0 e 1 do edifício. A implementação desta medida torna a iluminação mais eficiente, quer do ponto de vista elétrico (tecnologia mais eficiente) quer do ponto de vista operacional (maior longevidade, consequentemente, menor número de intervenções com redução dos custos operacionais). A melhoria da iluminação dos corredores irá reduzir os consumos de energia, devido à redução drástica de potência instalada conseguida com a substituição das luminárias de tecnologia fluorescente T8 por LED.

2.Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução do consumo de eletricidade em iluminação nos corredores;
- Redução da fatura de energética do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores;
- Redução custo em manutenção, devido à maior tempo das luminárias;

3.Barreiras que a medida pretende contornar

A única barreira identificada consiste na falta de capacidade de mobilização de mão-de-obra técnica habilitada para executar as alterações.

4.Descrição e implementação da medida

Os corredores dos pisos 0 e 1 caracterizam-se por terem a estrutura da Figura E.1. Os dois corredores possuem uma potência instalada total de 1316 W, que resulta da soma da potência das 14 luminárias de tecnologia fluorescente T8 (658W) que existem por cada um dos pisos. Devido ao facto destes corredores se localizarem nos pisos inferiores (pisos 0 e 1) e da componente envidraçada do edifício ser praticamente nula, a luz natural nos corredores é reduzida ou inexistente, obrigando a que seja necessário manter ligada a iluminação durante todos os dias. A necessidade da iluminação estar sempre em funcionamento deve-se à inexistência de luz natural nos corredores, mas também porque estes corredores se encontram num espaço onde existem

órgãos independentes à faculdade, como o Instituto de Sistemas e Robótica da Universidade de Coimbra (ISR) e outros laboratórios de investigação, que têm os seus próprio horário de trabalho.

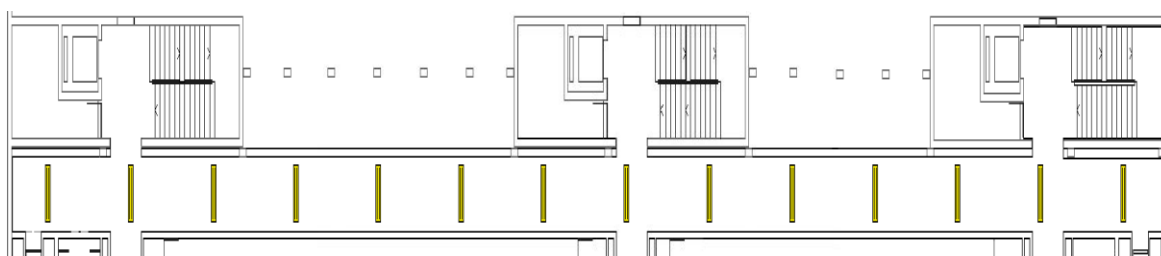


Figura E. 1 - Planta com iluminação dos corredores dos pisos 0 e 1

Como se podia prever, o elevado número de horas em funcionamento (8760 horas) associado a uma elevada potência instalada de 1316W em luminárias tubulares fluorescentes T8, resulta num elevado consumo de energia.

A solução encontrada para reduzir os consumos com iluminação de circulação dos corredores, passa pela substituição da tecnologia de referência (luminárias de tecnologia fluorescente T8) por luminárias LED de 3,5W, diminuindo a potência instalada em iluminação para 116W. Os corredores, após a instalação das luminárias LED, passarão a ter a distribuição representada na Figura E.2.



Figura E. 2 - Planta com a nova distribuição dos focos de iluminação LED dos corredores dos pisos 0 e 1

Com a instalação dos focos LED consegue-se reduzir os elevados consumos provocados pelas lâmpadas fluorescentes, mas também os consumos provocados pelos balastos ferromagnéticos que existiam nas luminárias da tecnologia anterior. Assim, é possível iluminar os corredores durante o mesmo número de horas sem que seja prejudicada a iluminação de circulação do corredor e com consumos de energia consideravelmente mais baixos.

5. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de iluminação de circulação dos corredores dos pisos 0 e 1, com substituição da tecnologia por focos LED, face à anterior tecnologia, apresenta as seguintes vantagens:

- Menor potência (menor consumo);
- Redução da fatura energética;
- Robustez e maior período de vida útil;
- Redução dos custos de manutenção das luminárias;

6. Orçamento

Os custos relativos à implementação da medida constam na Tabela E.1.

Tabela E. 1 - Custo de implementação total

Nome	Quantidade (Unidade)	Preço (€/unidade)
Focos LED 3,5W	33	7,55 €/Unidade
Mão-de-obra	-----	-----
Total:		249,15 €

7. Identificação do cenário de referência

A energia elétrica do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores é maioritariamente consumida nas instalações de iluminação, devido ao facto de ser um edifício onde a atividade principal é a lecionação de aulas.

A tecnologia de referência considerada nesta medida serão as luminárias de teto tubulares com lâmpadas fluorescentes T8 de 36W, com um balastro de 11 W, e as luminárias LED de 3,5 W.

Regime de funcionamento:

1. Número médio de horas diárias de funcionamento: 24 horas
2. Número médio de dias por ano: 365 dias
3. Número médio de horas anuais: 8760 horas

Na Tabela E.2 consta a potência instalada em iluminação no corredor dos dois pisos (0 e 1), antes da implementação da MRE.

Tabela E. 2 - Tabela 1- Potência da tecnologia *standard*

Tecnologia	T8
Potência da tecnologia atual (Lâmpadas + Balastro)	36 W + 11 W
Nº Luminárias	28 Luminárias
Potência Instalada	1316 W

Potência média e consumo anual do conjunto de equipamentos *standard*.

No cálculo das poupanças anuais, utiliza-se o valor de horas médio anual calculado na alínea anterior.

1. Potência: 1316 kW
2. Consumo anual: 11497 kWh
3. Custo: 1607 €

Na Tabela E.3 consta a potência instalada em iluminação no corredor dos dois pisos (0 e 1), antes da implementação da MRE.

Tabela E. 3 - Potência da nova tecnologia (LED)

Tecnologia	LED
Potência da tecnologia atual (Lâmpadas + Balastro)	3,5 W
Nº Luminárias	33 Luminárias
Potência Instalada	116 W

Potência média e consumo anual do conjunto dos novos equipamentos (LED)

No cálculo das poupanças anuais, utiliza-se o valor de horas médio anual calculado na alínea anterior.

1. Potência: 116 kW
2. Consumo: 1009 kWh
3. Custo: 141 €

A poupança energética anual estimada irá rondar os 10488 kWh, resultando numa poupança monetária a rondar 1466 € na fatura anual. Ao fim do plano de racionalização de consumos de energia, o valor total poupado será aproximadamente de 83904 kWh e de 11730 €. O valor da poupança monetária foi calculado segundo o número de horas em funcionamento em cada um dos diferentes escalões horários, que por sua vez, têm preços por kWh diferentes.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) é calculado através do quociente entre o custo de investimento inicial e a poupança anual resultante da implementação da MRE. Assim, como o custo investimento inicial é de 249 € e a poupança anual 1466 €, estima-se que o período de retorno do investimento será de 2 meses e 2 dias.

8. Plano de Verificação e Medição

8.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

A opção de M&V escolhida é a opção A, Volume 1 do IPMVP,EVO 1000 - 1:2009

A fronteira de medição:

- Medição instantânea de potência, nas saídas de iluminação do quadro elétrico;
- Estimativa das horas de funcionamento da iluminação;

Para o plano de M&V optou-se pela opção A, porque o consumo de energia em iluminação é condicionado pela quantidade de horas de iluminação dos corredores dos pisos 0 e 1, sendo que a

quantidade de horas é um valor fixo todos os meses, dado que as luminárias permanecem ligadas durante 24 horas, todos os dias.

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Luminárias LED de 3,5 W (33)
- Número de horas médio referência: 8760 h/ano (estimativa)

8.2. Período de reporte

Após a implementação da medida de racionalização de energia, deve fazer-se uma medição instantânea da potência de cada um dos circuitos de iluminação que perfazem todas as luminárias do corredor, a fim de se saber a potência exata de cada um deles, para que não hajam erros no cálculo dos consumos. O período de reporte deverá ser de um dia, a fim de se obterem várias medições instantâneas do circuito de iluminação.

8.3. Método

Na elaboração do plano M&V terá que ser calculada a média dos valores instantâneos de potência dos circuitos de iluminação dos corredores, medidos ao longo de um dia, e multiplicar a potência média pelo número de horas desse dia, obtendo-se o consumo de energia diário dos circuitos. Para calcular o consumo anual, basta multiplicar pelo número de dias de um ano. O custo da energia consumida deverá ser obtido através da divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação de energia, com preços por kWh diferentes. Assim, terá que se dividir o número de horas de funcionamento de um dia pelos períodos horários, tendo como referência as horas de funcionamento do autómato, que vai desde as 00:00 até 24:00, todos os dias.

Seguindo o cálculo do custo da energia consumida supracitado, como este circuito permanece ligado 24 horas por dia, então em Janeiro as 24 horas seriam distribuídas em 4 horas de super vazio, 3 horas de vazio normal, 12 horas Cheias e 5 horas de Ponta, sendo que o preço do consumo de energia ativa segundo o contrato de energia estabelecido fica por 0,07€/kWh nas horas de super vazio, 0,07€/kWh nas horas de vazio normal, 0,10€/kWh nas horas Cheias e 0,16€/kWh nas horas de Ponta. Desta forma, o custo do consumo dos circuitos de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1 em Janeiro seria de 9€. Deverá ser seguido o raciocínio anterior para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos períodos horários nos meses que fazem parte do período legal de Inverno e de Verão, que terão preços por energia consumida diferentes.

8.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não envolve o uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados na mesma, como impressões do inquérito em formato papel, são de custo reduzido ou inexistente, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, dado que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE, que se encontram no tópico 7 do documento.

Apêndice F

Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores

Designação da medida: Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC)

Tipo de medida: Elevadores

1. Objetivos

Esta medida tem como objetivo reduzir o número de utilizações dos diversos elevadores do edifício, com a consequente redução do consumo de energia, sem que seja posto em causa o conforto dos utilizadores. A diminuição do recurso aos elevadores irá fazer com que o desgaste das peças dos mesmos seja menor, o que ajudará a reduzir os custos em manutenção relativos à reparação e aquisição de novos componentes.

2. Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução do consumo de eletricidade dos elevadores do edifício;
- Redução da fatura energética do DEEC;
- Redução das operações de manutenção, devido à redução do número de utilizações dos elevadores, e consequente redução de custos em manutenção;

3. Barreiras que a medida tenta contornar

A única barreira identificada consiste na falta de informação sobre o número de utilizações dos elevadores e os respetivos consumos de energia.

4. Descrição e implementação da medida

O DEEC caracteriza-se por ter um elevador por cada uma das torres (R, S, T, A e B), os quais são utilizados pelo corpo docente e alunos do departamento. Com o intuito de tomar conhecimento do número de utilizações dos elevadores e dos consumos de cada um deles, foram feitas monitorizações com a duração de três dias úteis e dois dias não úteis. O elevador da torre A não foi alvo destas monitorizações, pois em diálogo com vários alunos, percebeu-se que se trata de um elevador com poucas utilizações.

Na Tabela F.1, encontram-se representados os valores obtidos pelas monitorizações.

Tabela F. 1 - Valores de consumo e números de utilizações dos diversos elevadores do edifício

	Energia Consumido (kWh)	Nº de utilizações
Elevador da torre R	20,69	135
Elevador da torre S	43,78	170
Elevador da torre T	35,07	168
Elevador da torre B	34,71	144
Total:	134,25	617

Ao analisar a Tabela F.1, podemos verificar que os elevadores mais utilizados são os elevadores da torre S e T, o que já era expectável devido a carga horária de aulas na torre T e devido ao facto de a garagem do departamento se localizar no piso -1 da torre S. No entanto, o elevador da torre B conseguiu destacar-se, chegando mesmo a ser o terceiro elevador com mais utilizações e consumos, revelando-se como um potencial ponto de redução de consumo, dado que, o elevador da torre B não tem nenhum propósito de acesso às salas de aula ou laboratórios, como têm os elevadores das outras torres. Durante a instalação do equipamento de monitorização no quadro eléctrico associado ao elevador, que se encontra no segundo piso da torre B junto do elevador, denotou-se que o elevador era, na maioria das vezes, utilizado por pessoas externas ao departamento que se dirigiam para a paragem de autocarros ou para os bares que existem no quarto piso (bares do DEEC e DEI). Verificou-se uma intensificação destas circulações devido à avaria do elevador que existe na torre similar do DEI.

A solução encontrada para desencorajar as pessoas de utilizarem os elevadores consiste na implementação de duas medidas, com a mesma finalidade mas com intuítos diferentes:

- A primeira medida é direccionada ao elevador da torre B e tem como objetivo, desincentivar as pessoas de utilizar o elevador para os fins de circulação anteriormente referidos, por isso, a medida a implementar passa por retardar o tempo de espera de chamada do elevador. Ao retardar o tempo de espera, pretende-se que as pessoas comecem a utilizar as escadas em detrimento do elevador, para isso o tempo de espera do elevador deverá ser retardado para meio minuto durante um período de 3 meses, de modo, a que após este período seja possível repor para o valor de normal funcionamento, mas com menor afluência. Caso se verifique que a medida não está a ter influência nos comportamentos, deverá agravar-se o tempo de espera, a fim de forçar os utilizadores a mudarem os seus hábitos.

- A segunda medida a implementar passa por elaborar uma campanha de sensibilização que influencie os ocupantes do edifício a usar mais frequentemente os acessos de escadas que existem em todo o edifício, de modo a reduzir o número de utilizações, com consequente redução dos consumos. Para o efeito, deverão ser impressos em autocolantes as Figuras F.1 e F.2, e afixados nas portas de entrada de piso dos elevadores, a uma altura de 1,70 metros do chão.



Figura F. 1 - Autocolante de ação de sensibilização



Figura F. 2 - Autocolante de ação de sensibilização

5. Vantagens do conjunto de ações

A nova estratégia utilizada em cada uma das medidas para desincentivar o uso dos elevadores, através do retardamento do tempo de espera dos elevadores e da elaboração da campanha de sensibilização com autocolantes, apresenta as seguintes vantagens:

- Incentivar os ocupantes a praticar hábitos saudáveis;
- Redução da fatura energética relativa aos elevadores;
- Redução do desgaste dos componentes dos elevadores (redução dos custos em manutenção).

6. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do departamento, através de uma breve apresentação das medidas à direção do DEEC e ao Núcleo de Engenheiros Eletrotécnicos (NEEC), de modo a que sejam reunidos esforços de ambas as partes, para levar a cabo ações de sensibilização que visem desencorajar a utilização excessiva dos elevadores, como tem acontecido até ao momento.

7. Custos de implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam na Tabela F.2.

Tabela F. 2 - Custo de implementação total

Nome	Quantidade (Unidade)	Preço (€/unidade)
Impressão dos autocolantes	25	20€
Mão-de-obra	-----	-----
Total	-----	20€

8. Identificação do cenário de referência

A fatura de energia elétrica do DEEC é um dos encargos monetários que fica mais dispendioso ao departamento e onde existe maior margem de redução de custo, devido ao facto de alguns destes custos terem como base, desperdícios de energia ou uso excessivo, como acontece com os elevadores. O uso dos elevadores não seria excessivo, caso fosse utilizado apenas quando as pessoas precisam de se deslocar ao longo de vários pisos, como por exemplo, do piso 0 até ao piso 4, ou porque se encontram fisicamente debilitadas para recorrer ao acesso de escadas. No entanto, na maioria das vezes, os elevadores são utilizados para os utilizadores apenas se deslocarem um ou dois andares. Como seria de prever, a utilização excessiva dos elevadores provoca um maior desgaste dos seus componentes, obrigando a uma maior manutenção, o que acarreta um aumento dos custos em contratos de manutenção.

Desta forma, a redução do número de utilizações dos elevadores vai traduzir-se numa redução dos consumos energéticos e dos custos em manutenção. Segundo as monitorizações efetuadas em cada um dos elevadores das torres (R, S, T e B), obtiveram-se os seguintes consumos típicos para dia útil e dia não útil de cada uma das torres, presentes na Tabela F.3.

Tabela F. 3 - Consumos típicos de um dia útil e não útil dos elevadores das diversas torres

Elevador da torre	R	S	T	B	
Dia útil	8,11	16,71	13,12	12,91	(kWh)
Dia não útil	0,18	2,22	1,15	1,29	(kWh)

O número médio de dias por ano foi definido segundo:

- Número de dias úteis do 1º Semestre dos alunos de dissertação, que decorre desde 15 de Setembro de 2014 (data de início do 1º Semestre) até 21 de Fevereiro de 2015 (data final de apresentação de tese de 1º Semestre) – **112 dias úteis e 48 dias não úteis;**
- Número de dias úteis do 2º Semestre dos alunos de dissertação, que decorre desde 9 de Fevereiro de 2015 (data de início do 2º Semestre) até 30 de Julho de 2015 (data final de apresentação de tese de 2º Semestre) – **121 dias úteis e 51 dias não úteis;**

Através dos consumos típicos dos elevadores das diversas torres (R, S, T e B) e do número de dias úteis e não úteis referentes ao ano letivo de 2014/2015, conseguiu-se calcular o consumo médio anual de eletricidade dos elevadores, que ronda os 12324 kWh, com um custo na fatura de eletricidade aproximado de 2004 €.

Com as medidas de racionalização de energia implementadas, julga-se que a poupança energética anual ronde os 10% do consumo total anual do conjunto dos quatro elevadores, ou seja, 1232 kWh, que resultará numa poupança anual de 200 €. No fim do plano de racionalização de consumos de energia, o valor total poupado será aproximadamente de 9860 kWh e de 1603 €. O valor das poupanças monetárias foi calculado segundo os dias úteis e não úteis de cada um dos dois semestres do ano letivo de 2014/2015 e segundo os períodos horários, que por sua vez, têm preços por kWh diferentes.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) é calculado através do quociente entre o custo de investimento inicial e a poupança anual resultante da implementação da MRE. Assim, como o custo de investimento inicial é de 20 € e a poupança anual 200 €, estima-se que o período de retorno do investimento será de 1 mês e 6 dias.

9. Plano de Verificação e Medição

9.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

A opção de M&V escolhida é a opção B, Volume 1 do IPMVP,EVO 1000 - 1:2009

A fronteira de medição:

- Medição contínua do consumo pelo período de uma semana;
- Estimativa das horas de utilização.

Para o plano de M&V optou-se pela opção B, porque o consumo de energia dos elevadores e as horas de funcionamento são condicionados pelo número de utilizações, pelo que terão de ser obtidas através de medições contínuas do consumo.

9.2. Período de reporte

Após a implementação da medida de racionalização de energia, deve-se fazer uma monitorização contínua de cada um dos circuitos de alimentação dos elevadores, a fim de se conhecer a potência e energia consumida por cada elevador, para posteriormente comparar com os valores de referência. O período de reporte deverá ser de uma semana, para que se possa adquirir os consumos típicos de cada dia da semana.

9.3. Método

O plano M&V para a MRE em questão será implementado com recurso a monitorizações de potência e consumo de energia dos elevadores das torres (R,S,T e B), com o fim de se obter informação dos valores típicos de cada dia de semana, para que seja possível quantificar a poupança através dos valores adquiridos e dos valores de referência. Os aparelhos de aquisição de dados que serão utilizados nas torres (R, S e T) deverão ser colocados no circuito de alimentação do elevador no quadro elétrico do piso zero da torre correspondente. É importante que o técnico responsável pela instalação e configuração dos equipamentos se encontre familiarizado com os equipamentos. Na torre B, o circuito de alimentação do elevador encontra-se no quadro elétrico do segundo piso. Os aparelhos deverão ser configurados para a duração de uma semana com períodos de 15 minutos. O custo da energia consumida deverá ser obtido a partir da multiplicação da energia consumida pelos diversos períodos horários de faturação de energia correspondentes às horas das monitorizações, com preços por kWh diferentes. O número de utilizações pode ser extrapolado dos diagramas de carga dos elevadores, correspondendo os picos no diagrama ao número de utilizações.

9.4. Orçamento do plano M&V

Para efetuar o plano de M&V não será necessário alugar os aparelhos a utilizar nas monitorizações, dado que o departamento possui exemplares suficientes para a execução de todas as medições em período homólogo. Assim, o plano é exequível do ponto de vista económico, pelo que o valor do plano M&V não ultrapassará 10 % dos custos de implementação da MRE, que se encontram no tópico 7 do documento.

Apêndice G

Inspeção aos interruptores rotativos de comando dos circuitos de iluminação

Designação da medida: Inspeção aos interruptores rotativos de comando dos circuitos de iluminação

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC)

Tipo de medida: Manutenção preventiva

1. Objetivos

Esta medida visa prevenir o desperdício de energia através da inspeção do correto posicionamento dos diversos interruptores rotativos dos circuitos de iluminação comandados pelo automático.

2. Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução dos desperdícios de energia em iluminação;
- Maior manutenção dos espaços onde se encontram os quadros elétricos.

3. Barreiras que a medida tentar contornar

A única barreira que poderá surgir prende-se pela falta de motivação do pessoal técnico do gabinete de manutenção em exercer as ações de fiscalização.

4. Descrição e implementação da medida

Ao visitar as instalações onde estão os quadros elétricos dos sistemas de iluminação de piso das torres, deparei-me com irregularidades no posicionamento dos interruptores rotativos de comando, que por norma deveriam estar na posição Automático (Aut). Os interruptores rotativos que comandam os circuitos de iluminação, como se pode ver na Figura H.1, possuem três posições de funcionamento:

- **Manual (Man. ou M)** faz com que os circuitos de iluminação estejam sempre em funcionamento, independentemente do programa do automático.
- **Zero (0)** impede que os circuitos de iluminação entrem em funcionamento de acordo com o programa do automático, permanecendo sempre fora de serviço.
- **Automático (Aut. ou A)** permite que o circuito de iluminação entre e saia de funcionamento segundo o programa carregado no automático.

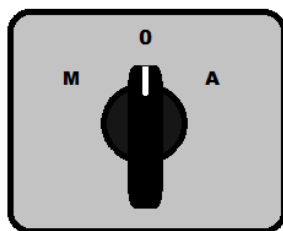


Figura H. 1 - Interruptor de comando dos circuitos de iluminação

Na maioria dos casos, as irregularidades encontradas deviam-se ao facto de existirem interruptores rotativos na posição Manual (M/MAN), deixando os circuitos de iluminação ininterruptamente ligados, originando desperdício de energia com o aumento das horas em funcionamento fora do período regular e desgaste dos equipamentos.

A solução encontrada para solucionar estas irregularidades consiste em efetuar uma inspeção trimestral a todos os interruptores rotativos que controlam os circuitos de iluminação, para verificar o seu posicionamento, através da consulta do documento Guia_interruptores rotativos que possui discriminada a posição correta de cada um dos interruptores rotativos. A posição correta nem sempre corresponde à posição A/Aut, isto porque existem zonas do DEEC que têm de permanecer sempre ligadas, como os corredores do piso 0 e 1, daí é necessário consultar a tabela para que não se cometa nenhum erro na regularização do bom funcionamento dos circuitos de iluminação.

A inspeção deverá ser executada trimestralmente segundo a sequência da Figura H.2

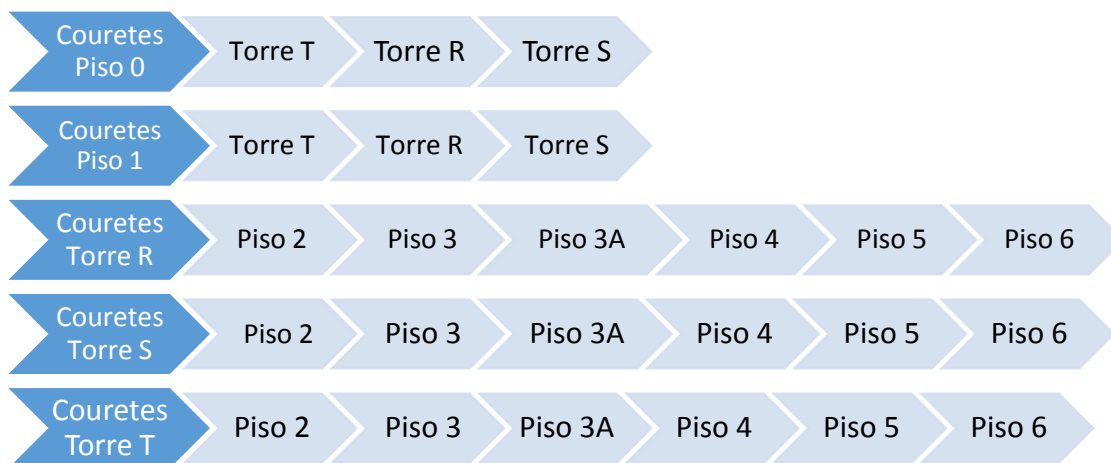


Figura H. 2 - Percurso de inspeção pelas instalações

As *courettes* das torres que se situam no piso 0 e 1 devem ser inspecionadas segundo a sequência acima representada, devido ao facto de as três torres estarem interligadas por um corredor que existe em cada um dos pisos, facilitando o acesso das mesmas.

Para que a inspeção seja efetuada num curto espaço de tempo e para que seja bem-sucedida, é conveniente que a pessoa responsável pela vistoria possua conhecimento das instalações e que esteja presente na mesma todos os meses, como por exemplo o corpo técnico do gabinete de manutenção do DEEC.

5. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de controlo dos interruptores rotativos de comando, através da implementação de inspeções mensais, apresenta as seguintes vantagens:

- Redução dos desperdícios de energia em iluminação;
- Menor desgaste dos equipamentos e lâmpadas dos sistemas de iluminação;
- Maior controlo das instalações onde se encontram os quadros elétricos.

6. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida, junto dos técnicos que irão efetuar a inspeção, através de uma breve explicação dos objetivos, importância e método de implementação. É essencial, que as pessoas que têm acesso às instalações onde estão inseridos os interruptores rotativos dos circuitos elétricos de iluminação se encontrem familiarizados com as boas práticas de utilização destes, de modo a diminuir os desperdícios de energia provocados pelo erro humano. No sentido de reduzir os desperdícios provocados pelo erro humano, deverá ser afixado em todos os quadros elétricos, no lado interior da porta do quadro, um esquema idêntico ao da Figura H.3, com o correto posicionamento dos interruptores rotativos de comando.

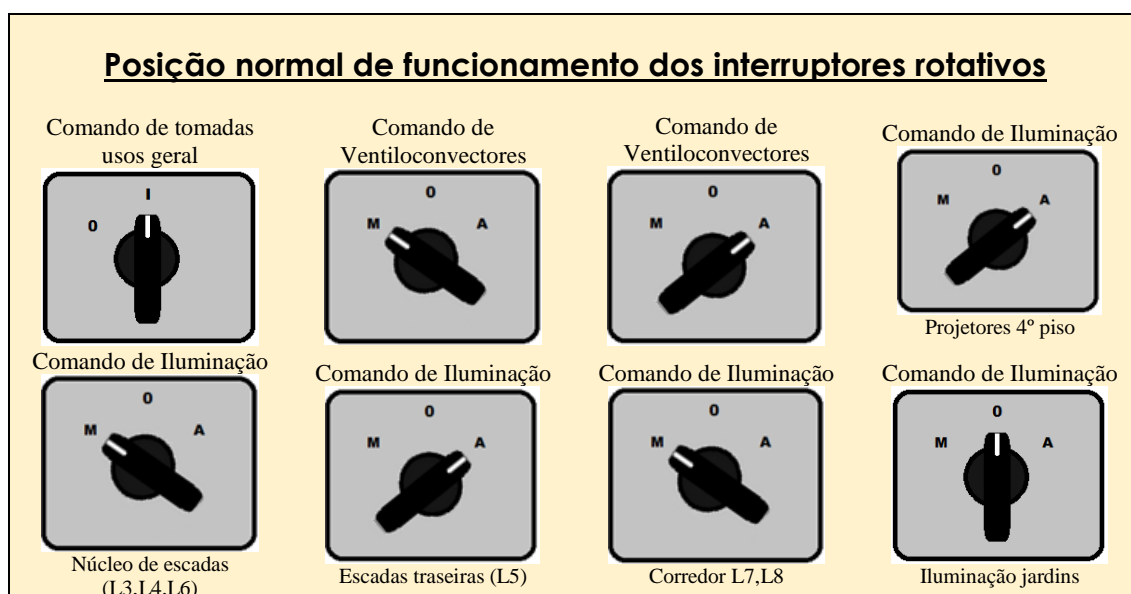


Figura H. 3 - Correto posicionamento dos interruptores rotativos de comando do piso 0 da torre T

Como se trata de uma medida de prevenção em que não se consegue estimar com certeza as poupanças resultantes da implementação, não se elaborou nenhum plano M&V.

Apêndice H

Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos

Designação da medida: Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC)

Tipo de medida: Climatização

1.Objetivos

Esta medida tem como objetivo reduzir o desperdício de energia elétrica originado pelo excessivo número de horas em funcionamento dos aquecedores elétricos, através da aplicação de temporizadores programáveis nos circuitos de alimentação dos aquecedores.

2.Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução do consumo de energia;
- Redução dos desperdícios de energia em aquecimento;
- Adaptar o controlo dos aquecedores ao horário semanal de funcionamento local;

3.Barreiras que a medida tentar contornar

A única barreira identificada consiste na falta de temporizadores programáveis digitais para todos os aquecedores elétricos existentes nas instalações

4.Descrição e implementação da medida

Durante a análise da faturação de energia elétrica dos meses relativos ao ano de referência, verificou-se que o consumo de energia ativa do DEEC não era linear ao longo do ano, registando-se um aumento significativo do consumo nos meses tipicamente mais frios, que são Dezembro, Janeiro e Fevereiro.

O aumento do consumo energético nos meses mais frios deve-se principalmente ao recurso a aquecedores elétricos para colmatar a ineficácia dos sistemas de climatização do edifício, que por sua vez se encontram avariados ou obsoletos. O problema da utilização de aquecedores elétricos advém dos mesmos permanecerem ligados durante largos períodos de tempo, inclusive quando os espaços se encontram vazios. A partir dos valores de telecontagem adquiridos através da base de dados do MeWaGo, fez-se uma média semanal da potência de base noturna no período de seis horas (1:00 até às 7:00). Foram utilizadas 6 semanas para amostra entre Dezembro e Janeiro (horário legal de inverno) e 6 semanas entre Abril e Maio (horário legal de verão).

Após a análise da média dos valores de potência base noturna durante as semanas de Dezembro e Janeiro (48 kW) e das semanas de Abril e Maio (37 kW), podemos concluir que a potência solicitada durante os meses mais frios sofre um aumento de 11kW.

A identificação da diferença entre as potências de base dos diagramas de Inverno e de Verão (11 kW) destina-se a identificar a potência adicional média que os aquecedores elétricos impõem ao consumo do DEEC. Admitindo que este valor adicional ocorre injustificadamente durante as noites de Inverno e que os espaços estejam desocupados de facto cerca de 6 horas por noite (para se calcular conservativamente) a estimativa de consumo desnecessário é dada pela expressão (1).

Consumo = Diferença de potência base * N° de horas por dia * N° de dias da estação do arrefecimento (1)

Considerando que a diferença de potência base é de 11 kW, que o número de horas por dia são 6 horas e que o número de dias da estação de arrefecimento são 90 dias, então, o consumo vai ser de 5931 kWh, o que se traduz um custo acrescido de 201 €/mês na estação de arrefecimento. Como os meses mais frios são Dezembro, Janeiro e Fevereiro, estima-se que se possa poupar com esta medida um valor de 603 €.

A solução encontrada para evitar os desperdícios de energia, consiste na utilização de temporizadores programáveis digitais nos circuitos de alimentação dos aparelhos de aquecimento. Um exemplo deste tipo de dispositivo encontra-se representado na Figura H.1.



Figura H. 1 - Exemplo de um temporizador programável

Os temporizadores programáveis digitais são dispositivos que permitem ligar e desligar aparelhos elétricos em horários pré-programados pelos utilizadores. Os horários podem variar consoante o dia da semana, dado que é possível fazer uma programação específica para cada dia da semana. Assim, será possível regular o funcionamento dos aquecedores segundo o horário de ocupação diário das salas ao longo da semana, evitando que os aparelhos permaneçam ininterruptamente ligados, mesmo quando os espaços se encontram vazios.

Passo a explicar o processo de configuração do temporizador:

Configuração do modo de funcionamento: o temporizador possui o modo ON, modo OFF e modo AUTO. O modo ON regula o funcionamento do temporizador como se fosse uma tomada comum e o modo OFF força o temporizador a permanecer desligado. Por outro lado, o modo AUTO regula o funcionamento do temporizador de acordo com um horário pré-programado, que permite ligar/desligar os aparelhos que se encontram a serem alimentados pelo mesmo;

Modo de programação: Na Figura H.2, consta uma representação da simbologia do ecrã do temporizador programável.

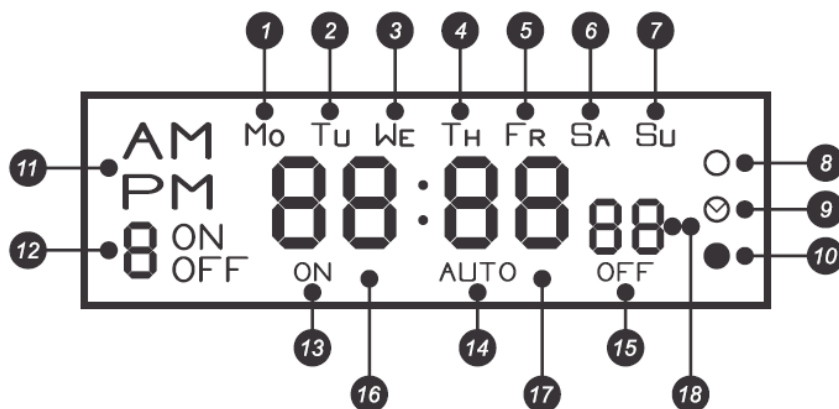


Figura H. 2 - Ecrã do temporizador programável

- | | |
|----------------------|--------------------------------------|
| 1 - Segunda-feira | 10 - Modo 24 horas |
| 2 - Terça-feira | 11 - Modo 12 horas |
| 3 - Quarta-feira | 12 - Número do programa |
| 4 - Quinta-feira | 13 - Modo ON |
| 5 - Sexta-feira | 14 - Modo AUTO |
| 6 - Sábado | 15 - Modo OFF |
| 7 - Domingo | 16 - Dígitos indicadores de horas |
| 8 - Modo Aleatório | 17 - Dígitos indicadores de minutos |
| 9 - Horário de verão | 19 - Dígitos indicadores de segundos |

Em primeiro lugar, é necessário ajustar a hora do relógio do temporizador digital à hora local. Para acertar a hora, basta pressionar continuamente o botão “CLOCK” e em simultâneo o botão

HOUR para ajustar à hora pretendida, devendo-se proceder de igual forma para o ajuste dos minutos (botão “MIN”), dos segundos (botão “SEC”) e do dia da semana (botão “WEEK”).

Em segundo lugar, é preciso pré-definir o horário de funcionamento de cada dia da semana no temporizador digital, através dos seguintes passos:

1. Pressione “PROG” para acionar o modo de programação, aparecerá “1 ON” no canto inferior esquerdo;
2. Pressione “HOUR”, ”MIN”, ”SEC” e ”WEEK” para ajustar a hora, minutos, segundos e o dia da semana (ou combinação de dias) em que o temporizador irá ligar a carga (aquecedor elétrico);
3. Pressione “PROG” novamente, para ajustar o horário em que o temporizador irá desligar a carga, aparecerá “1 OFF” no canto inferior esquerdo;
4. Repita o passo 2 para programar os períodos em que o temporizador digital irá desligar as cargas;
5. Pressione “PROG” novamente para proceder à programação dos restantes dias da semana, repetindo os passos 1 a 4 para ajustar a programação do horário pretendido para cada dia.

Para reiniciar a programação do temporizador e limpar todas as programações, bastará pressionar o botão “R” até o ecrã desligar.

Após serem concluídos as etapas anteriores, podemos acoplar a ficha de tomada do aquecedor elétrico ao temporizador programável digital e liga-lo a uma tomada comum, para que este comece a funcionar conforme o horário programado. Sempre que o temporizador estiver a ligar/desligar o aquecedor elétrico, aparecerá uma sinalização de luz através de um LED de cor verde/vermelho, respetivamente. Por norma, estes temporizadores têm uma potência máxima que varia entre 2200 W e os 3500 W.

5.Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de controlo dos aquecedores elétricos, através da implementação de temporizadores programáveis semanais, apresenta as seguintes vantagens:

- Redução dos desperdícios de energia em climatização;
- Redução do consumo de energia elétrica;
- Menor desgaste dos equipamentos de climatização individuais;

6. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida, junto de todos os utilizadores de aquecedores elétricos, através de uma breve explicação dos objetivos, importância e método de implementação. É essencial, que as pessoas que têm acesso aos aquecedores elétricos e temporizadores programáveis digitais se encontrem familiarizados com as boas práticas de utilização destes, de modo a diminuir os desperdícios de energia provocados pela desregulação dos temporizadores ou não utilização dos mesmos. No sentido de reduzir os desperdícios provocados pelo erro humano, deverão ser disponibilizadas cópias deste plano de implementação, de modo a facilitar a programação dos temporizadores pelos utilizadores.

7. Custos de implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam na Tabela H.1.

Tabela H. 1 - Custo de implementação total

Nome	Quantidade (Unidade)	Preço (€/unidade)
Temporizador programável	-----	10€ - 15€
Mão-de-obra	-----	-----
Total	-----	-----

O investimento inicial da medida irá depender da quantidade e do preço dos temporizadores a adquirir, porque devido ao grande número de aquecedores elétricos utilizados nas instalações, será aconselhável comprar este dispositivo em grande quantidade a um revendedor, com o fim de se obterem preços mais apelativos.

Como se trata de uma medida em que não se conseguem estimar com certeza as poupanças resultantes da implementação, nem garantir o correto funcionamento dos temporizadores, não se elaborou nenhum plano M&V.

Anexo I

Preparação de Auditoria Energética

1. Objetivo das Auditorias Energéticas

As auditorias energéticas são uma ferramenta essencial para o conhecimento de onde, quando e como se consome energia, fornecendo ao gestor de energia dados dos consumos de energia, da eficiência energética dos equipamentos e das perdas que se verificam no edifício alvo, tendo como finalidade reduzir essas perdas sem pôr em causa a produção e/ou conforto.

O recurso a este método tem como principal motivação as preocupações económicas, dado que os elevados consumos de energia se traduzem num aumento dos custos na fatura energética e/ou custos de produção.

Assim, as auditorias permitem efetuar um estudo e análise das condições de utilização de energia nos sistemas industriais e sociais, procurando a auditoria identificar potenciais Oportunidades de Racionalização de Consumos (ORC) que conduzam a uma redução dos encargos com a fatura energética, mantendo o mesmo nível de produção e/ou conforto. Além do que já foi enunciado, o resultado final de uma auditoria irá fornecer informações cruciais para a formulação de eventuais planos de racionalização de consumos de energia (PRCE) e para o estabelecimento de prioridades na sua execução, a partir da avaliação técnico-económica de cada uma das ORC identificadas.

2. Fases de uma auditoria

Para que o processo seja bem-sucedido é necessário seguir certos passos que vão desde a análise detalhada das faturas energéticas do ano que antecede a auditoria, passando por uma vistoria detalhada aos equipamentos e sistemas geradores de energia térmica e elétrica existentes, das suas condições de operação e controlo, assim como dos cuidados de manutenção e o seu tempo de operação, até à fase final de estudo, no qual são indicadas as medidas a tomar para a redução dos consumos em áreas específicas.

A elaboração de uma auditoria energética deve ser preparada e planeada de acordo com um determinado processo que passa pela preparação da intervenção, intervenção local, tratamento e análise da informação recolhida e elaboração do relatório da auditoria.

2.1. Preparação da intervenção local

Para que uma auditoria seja mais eficaz no sentido de se obterem todas as informações necessárias à posterior análise, é preciso que seja feito um trabalho de antemão de caracterização e estudo da infraestrutura a ser auditada.

Nesse sentido, deve-se fazer:

- Recolha e análise da informação documental acerca do edifício, de preferência a memória descritiva do mesmo;
- Análise do processo produtivo e energético;
- Recolha de informações relativas às tecnologias disponíveis no mercado;
- Quantificação dos consumos energéticos (por instalação global e principais seções e/ou equipamentos) através das faturas energéticas e que importância terá no custo final do(s) produto(s), caso seja uma infraestrutura industrial;
- Primeira visita local para familiarização e observação da infraestrutura;
- Elaboração de um plano de intervenção no local;

2.2. Intervenção Local

Após uma cuidada preparação da intervenção ao local segue-se para o próximo passo, a Intervenção Local. Nesta fase requer-se que o auditor já possua conhecimento das características das instalações para que seja mais fácil a identificação de potenciais oportunidades de redução de consumos, como consumos desnecessários, perdas por usos negligentes, incorreta utilização de equipamentos ou ausência de manutenção. Na preparação da intervenção é importante criar suportes, em formato de papel ou digital, que simplifiquem a organização na aquisição de dados e medições durante a intervenção, e que estejam adaptados à infraestrutura a ser auditada.

Assim, nesta fase pretende-se:

- Efetuar uma inspeção visual dos equipamentos e/ou sistemas consumidores de energia, complementada pelas medições necessárias;
- Esclarecer como é transformada a energia e quais os seus custos;
- Efetuar um levantamento e caracterização detalhado dos principais equipamentos consumidores de energia, sobretudo com maior peso em termos de potência instalada, elétrica e térmica;
- Obter diagramas de carga (DDC) elétricos dos sistemas considerados grandes consumidores de eletricidade;
- Verificar o estado das instalações de transporte e distribuição de energia;
- Verificar a existência do bom funcionamento dos aparelhos de controlo e regulação do equipamento de conversão e utilização de energia.

Os técnicos que realizarem esta fase, deverão possuir alguns conhecimentos dos diversos sistemas de energia, para que esta fase seja o mais eficiente possível, do ponto de vista da detecção de ORC e identificação de perdas de energia.

- Na área da iluminação, é importante verificar se o nível de iluminação é indicado ao local em questão, com especial atenção a *halls* de entrada, escadas, áreas não utilizadas, áreas de armazenamento e estacionamento. Em certos locais pode existir iluminação excessiva, devendo-se esse problema ao incorreto dimensionamento da iluminação no projeto inicial ou por consequência de uma ocupação local diferente da inicialmente prevista.
- Na área dos equipamentos de climatização, é necessário verificar os níveis máximo e mínimo dos termostatos, a manutenção dos filtros, potência e controle.
- Caso existam fornos, é aconselhável verificar se a capacidade instalada é a capacidade necessária para o processo que desempenha, as temperaturas, os tempos de operação, os gases de exaustão-recuperação de calor e se existem infiltrações não desejadas.
- Em relação a caldeiras e condutas de vapor, é essencial verificar-se a eficiência dos queimadores, as fugas de vapor, as fugas no isolamento e tentar identificar oportunidades de recuperação de calor.
- Nas redes de ar comprimido, deve-se verificar se a capacidade é suficiente ou excessiva e se existem fugas na rede ou no local de armazenamento.
- Nos equipamentos elétricos, pode-se verificar o controle de ponta (caso exista), o fator potência e o seu rendimento.
- Na rede de água, deve ser verificada a capacidade de bombagem, a eficiência das bombas e se existem perdas.

2.2.1. Instalação dos equipamentos de monitorização

Durante a fase de intervenção local, são instalados os aparelhos de monitorização para que se possa obterem informação mais detalhada sobre os consumos das instalações e principais cargas. No entanto, antes de se avançar para a instalação dos equipamentos, é necessário fazer um escalonamento físico e temporal dos recursos, de modo a que seja possível monitorizar todos os equipamentos considerados relevantes para o consumo global das instalações.

No que diz respeito aos aparelhos de monitorização utilizados, estes devem ser capazes de armazenar informações dos consumos como tensão, corrente, fator de potência, potência ativa, potência reativa, potência aparente, energia ativa, energia reativa, distorção harmónica, entre outros valores. Através da aquisição destes parâmetros, pode-se traçar e estudar o diagrama de carga da instalação ou das cargas principais, saber-se a energia consumida durante o período da monitorização e outras informações que serão fundamentais para a caracterização dos regimes de funcionamento e consumos da instalação/carga.

Na Figura I.1, é possível ver alguns exemplares de equipamentos de monitorização, com capacidade de armazenamento das informações dos consumos já enunciadas em cima.

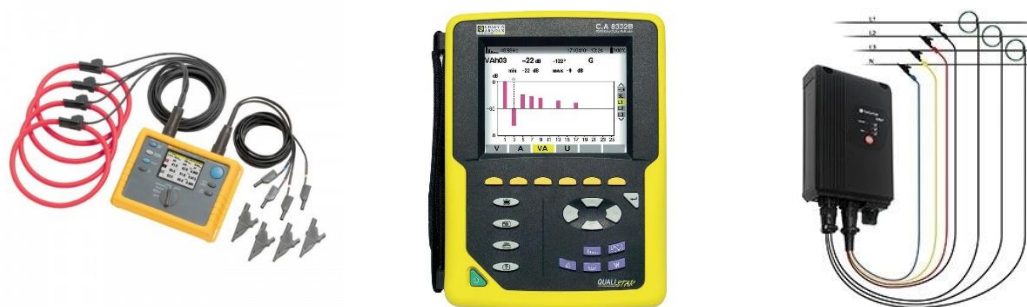


Figura I.1 - Exemplares de equipamentos de monitorização (Fluke 1735, CA 8332 e Circuito e3)

2.3. Tratamento e análise da informação

Esta fase consiste no tratamento e análise das informações recolhidas durante a intervenção local com o fim de se obterem índices de consumo energia que facilitem a deteção de irregularidades no edifício e nas tecnologias empregues no mesmo. É importante que a realização da auditoria na fase anterior tenha abrangido todos os processos, equipamentos e instalações, de modo a ter-se identificado todas as oportunidades de racionalização, dando origem nesta fase a um conjunto de propostas de racionalização que deverão ser avaliadas do ponto de vista económico.

Nesta fase, deve-se:

- Efetuar uma análise dos consumos e dos custos de energia do ano de referência;
- Determinar diagramas de carga global e dos principais setores;
- Desagregar os consumos dos principais setores;
- Realizar balanços energéticos dos principais equipamentos consumidores de energia;
- Determinar consumos específicos de energia durante o período de realização da auditoria, para posterior comparação com os valores médios mensais e anuais e deteção de eventuais variações sazonais;
- Determinar a intensidade energética da atividade diretamente ligada à instalação consumidora intensiva de energia;
- Identificar e quantificar as possíveis áreas onde as economias de energia são viáveis, como resultado das situações encontradas/anomalias detetadas e medições efetuadas;

Algumas das propostas de racionalização de energia elétrica podem passar por:

- Correção das perdas nas linhas;
- Controlo de consumos;
- Geração local;
- Correção do fator de potência;

- Utilização de motores mais eficientes com capacidade adequada à carga ou ajustada eletronicamente com manutenção e operação otimizadas;
- Bom isolamento dos sistemas de distribuição e transporte de energia;
- Utilização de iluminação adequada às atividades laborais e segregação dos circuitos de iluminação ao nível do controlo;
- Utilização sempre que possível da iluminação natural existente;
- Elaboração de ações de substituição e manutenção dos sistemas de iluminação;
- Melhorar o isolamento da envolvente e dos vãos envidraçados, reduzir as infiltrações e as trocas de calor por condução;
- Estruturar planos de operação e manutenção do equipamento de ventilação e ar condicionado mais adequados ao funcionamento dos edifícios e correto dimensionamento.

Algumas das propostas de racionalização de energia térmica podem passar por:

- Isolar as canalizações dos sistemas de climatização;
- Caso existam caldeiras, é aconselhável manter os queimadores limpos e as vias principais bem isoladas, instalar recuperadores de calor e tornar combustão eficiente, através da melhoria de pré-aquecedores e permutadores, chamas dirigidas para onde sejam mais eficazes, novos queimadores ou sistemas de controlo de combustão.

2.4 Elaboração do relatório da auditoria

Nesta última fase é feito um estudo técnico-económico da viabilidade das oportunidades de racionalização de consumos de energia propostas, de acordo com critérios previamente escolhidos (menores investimentos, melhores retornos). As ORC podem ser de duas vertentes, com ou sem investimento. As ORC sem investimento são por norma identificadas na fase de auditoria de Intervenção Local e apontam para procedimentos ao nível da manutenção e correção do uso de equipamentos, sendo estas as primeiras a serem implementadas.

As ORC com investimento surgem da necessidade de modificar os equipamentos e/ou processos laborais, sendo apenas implementadas após serem alvo de um plano de racionalização, o qual deve ser avaliado técnica e economicamente para:

- Calcular a poupança anual de energia decorrente da aplicação das medidas de redução de consumos;
- Projetar os custos de energia para quantificar a economia de encargos;
- Estimar o custo de implementação;
- Avaliar o tempo de retorno;

Nota: O presente anexo é baseado em informação retirada das apresentações das aulas teóricas de cadeira de Gestão de Energia, lecionada pela Professora Doutora Dulce Helena Carvalho Coelho regente da cadeira no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra e por informação retirada do *website* da ADENE, no separador do Sistema de Gestão de Consumo Intensivo de Energia.