



Hugo Miguel Plácido Ribeiro

Plano de Racionalização de Consumo de Energia – Elaboração e Acompanhamento

Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Fevereiro/2016



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Plano de Racionalização de Consumo de Energia

– Elaboração e Acompanhamento



Aluno: Hugo Miguel Plácido Ribeiro

Presidente do Júri: Professor Doutor Pedro Manuel Gens Azevedo de Matos Faia

Orientador: Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Vogal: Professor Doutor Álvaro Filipe Peixoto Cardoso de Oliveira Gomes

Coimbra, Fevereiro de 2016

“Quanto mais aumenta o nosso conhecimento, mais evidente fica a nossa ignorância”

(John F. Kennedy)

Agradecimentos

Em primeiro lugar, um agradecimento especial à minha família, em particular aos meus pais, pelos valores e princípios transmitidos ao longo da vida que fazem de mim a pessoa que sou hoje.

Ao orientador da presente dissertação, Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge, que, com a sua reconhecida experiência e conhecimentos, acompanhou, analisou e corrigiu o desenvolvimento deste trabalho final de mestrado.

Gostava também de agradecer a todos os professores da instituição Universidade de Coimbra por todo o conhecimento adquirido durante o meu percurso académico.

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

Resumo

O tema da presente dissertação tem como principal objetivo dotar o gestor técnico do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) de um documento que permita planejar a execução de medidas de racionalização de consumos, permitindo desta forma uma utilização mais eficiente da energia e tornando o campus universitário cada vez mais sustentável.

O Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PREn) não é mais do que um manual de medidas que apresenta recomendações viáveis, com o objetivo de possibilitar a melhoria da eficiência energética. É elaborado com base nos relatórios das auditorias, sendo posteriormente estabelecidas as metas relativas aos indicadores energéticos e propostas as medidas de racionalização de energia para a instalação de Consumo Intensivo de Energia (CIE) abrangida pelo plano. A estrutura do plano segue o enquadramento legal presente no Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, que apresenta como intenção a regulação dos Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), com o objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações CIE. Embora o consumo anual do edifício seja muito inferior as 500 toneladas equivalentes de petróleo (tep), meta imposta para que uma instalação seja considerada instalação CIE, a direção do DEEC manifestou interesse em seguir as normas impostas na elaboração de um PREn para uma instalação com consumo entre 500 tep a 1000 tep, obrigando a um período de aplicação do PREn de 8 anos. Durante a elaboração, passou-se por diversas etapas, entre elas destacam-se: familiarização com os espaços em estudo, análise de consumos energéticos, cálculo dos indicadores e das metas impostas pelo decreto-lei em vigor, elaboração de medidas que visem a racionalização de energia e quantificação do impacto das medidas nos indicadores energéticos.

Elaborou-se uma análise minuciosa do consumo energético, onde foram analisadas as faturas do comercializador de energia, a telecontagem do espaço em estudo e, com o objetivo de obter um maior rigor dos resultados, ainda foi elaborada uma desagregação de consumos energéticos. Durante esta fase foram elaboradas duas folhas de cálculo relativas à Análise de Faturas e à Análise de Telecontagem, com o objetivo de simplificar o processo de análise e consulta de dados posteriormente.

Por forma a diminuir o Consumo Específico de Energia (CEE) foram identificadas catorze medidas de racionalização de energia (MRE). Com a implementação destas MRE, através da substituição de tecnologias de iluminação por tecnologias mais recentes e mais inovadoras em alguns espaços, desagregação dos circuitos de iluminação, ações de sensibilização para o uso de

aquecedores, utilização de elevadores, inspeção dos interruptores de comutação Manual/Automático para os circuitos de iluminação e a instalação de detetores de movimento, consegue-se alcançar a poupança anual em eletricidade no valor de 32900 kWh e, conseqüentemente, uma redução no CEE anual de 0,4 kgep/m². Desta maneira reduz-se o consumo em 6,3%, em vez dos 4% impostos pelas metas normativas de redução.

A temática abordada nesta dissertação é de primordial importância para a contribuição de um campus universitário mais sustentável.

Palavras-chave:

- Plano de Racionalização de Consumo de Energia;
- Medidas de Racionalização de Energia;
- Plano de Medição & Verificação;
- Eficiência Energética.

Abstract

The theme of this thesis is to endow the technical manager of the building of the Department of Electrical and Computer Engineering (DEEC), with a document which can allow the scheduling of the implementation of rationalization of consumption measures, allowing a more efficient use of energy so that the University campus may become more sustainable.

The plan of rationalization of energy consumption (PREn) is just a book of measures, which shows viable proposals, with the objective of enabling the efficiency of energy. It is elaborated based on audit reports. After this, not only the goals related to the indicators of energy are established but also the energy measures of rationalization to the installation of the intensive consumption (CIE) of energy previously planned, are suggested. The structure of the plan follows the legal framework of the Decree-law n° 71/2008, April 15th, which intends to regulate the Management System of Intensive Consumption of Energy (SGCIE), with the objective of not only promoting the energy efficiency but also monitoring the energy consumption of the energy intensive consumer installations. Although the annual consumption of the building is less than 500 tonnes of oil equivalent (tep), which is the goal required for an installation to be considered as CIE installation, the administration of DEEC expressed its interest in following the rules imposed in the elaboration of a PREn for an installation with a consumption between 500 tep to 1000 tep, requiring a PREn application period of 8 years. During the elaboration of PREn, we went through lots of stages, such as: familiarization with the areas of research, analyses of energy consumption, calculation of indicators and calculation of the goals imposed by the law, development of measures that promote the energy rationalization, quantifying the impact of the measures in the energy indicators.

A detail analyses of the energetic consumption was followed, where the invoices of the energy distributors were reviewed, the digital matters of the place of study, with the aim of obtaining a greater rigor in the results, has also elaborated an energy consumption breakdown. During this phase two spreadsheets were elaborated, related to Analysis of Invoices and Analyses of the Digital matters, with the aim of simplifying the analyses procedure and data query afterwards.

So as to reduce specific energy consumption (CEE) fourteen measures to rational energy consumption (MRE) were identified. With the implementation of these MRE, through the replacement of the lighting technologies to more recent and innovative technologies in some spaces, the disaggregation of the lighting circuits, awareness towards the use of heaters, the use of lifts, inspection of the commutation switches from manual to automatic for the lighting circuits

and the installation of movement detectors. It is therefore possible to achieve an annual electricity saving of 32900 kWh and consequently reduce the annual CEE of 0,4 kgep/m². This way consumption is reduced by 6,3% instead of 4% imposed by normative measures of reduction.

The theme of this dissertation is of major importance to the contribution for a more sustainable university campus.

Key words:

- The plan of rationalization of energy consumption;
- Energy rationalization measures;
- Measuring and verifying plan;
- Energy Efficiency.

Índice

Lista de Figuras	xi
Lista de Tabelas	xv
Abreviaturas e Símbolos	xix
1. Introdução	1
1.1. Contextualização e Motivação	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Estrutura da Dissertação	3
2. Enquadramento	5
2.1. Legislação Nacional	5
2.1.1 Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE)	5
2.1.2 REH	6
2.1.3 RECS	6
2.1.4 ECO.AP	6
2.1.5 ENE2020	6
2.1.6 PNAEE e PNAER	7
2.2. Consumo de Energia em Edifícios da Administração Pública	7
2.3. Auditorias Energéticas	8
2.3.1 Objetivos	8
2.3.2 Metodologia	8
2.4. Plano de Racionalização de Consumo de Energia	9
2.4.1 Estrutura do PReN	9
2.4.2 Indicadores Energéticos do PReN	10
2.4.3 Metas relativas ao consumo específico e intensidade carbónica	11
2.5. Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético	11
2.5.1 Definição e Objetivos	11
2.5.2 Princípios	11

2.5.3 Poupança	12
2.5.4 Processo de Conceção e Reporte de Informação	13
2.5.5 Fronteira de Medição	13
2.5.6 Seleção do Período de Medição	13
2.5.7 Opções do IPMVP	14
3. Análise de Consumos Energéticos	17
3.1. Estrutura do Edifício	17
3.2. Análise de Faturas do Comercializador de Energia	17
3.2.1 Situação Contratual do Edifício	17
3.2.2 Tarifário.....	17
3.2.3 Consumos	18
3.2.4 Custos	21
3.3. Análise de Telecontagem	23
3.3.1 Telecontagem	23
3.3.2 Comparação Anual de Consumo.....	23
3.3.3 Comparações Semanais.....	24
3.3.4 Sazonalidade.....	26
3.4. Desagregação de Consumos Energéticos.....	27
3.4.1 Desagregação de Consumo	27
3.4.2 Estudo do Ano de Referência.....	30
3.4.3 Metas de redução do consumo específico de energia durante o período de implementação do PREn.....	31
4. Plano de Racionalização de Consumo de Energia.....	33
4.1. Definição do Plano.....	33
4.2. Caracterização do Edifício em Estudo	33
4.3. Medidas de Racionalização de Energia	34
4.3.1 Instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B e otimização da iluminação.....	34

4.3.2 Desagregação do circuito de iluminação dos Laboratórios: LGE, LEP, LSE, Multidisciplinar, LSRC e LSD	37
4.3.3 Desagregação do circuito de iluminação do corredor dos gabinetes do piso 3 e do corredor ao lado do bar	39
4.3.4 Desagregação do circuito de iluminação das escadas das torres R, S e T.....	40
4.3.5 Substituição da tecnologia de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1	41
4.3.6 Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos.....	42
4.3.7 Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores	44
4.3.8 Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação.....	45
4.4. Plano de Implementação	45
4.4.1 Cálculos energéticos e económicos.....	45
4.4.2 Impacto das MRE nos índices energéticos do PReN	46
4.4.3 Cronograma de implementação.....	46
5. Conclusão	49
Bibliografia	51
Apêndice A. Folha de Cálculo Análise de Faturas Energéticas	53
Apêndice B. Folha de Cálculo Análise de Telecontagem.....	73
Apêndice C. Manual de Utilizador – Temporizador Programável	93
Apêndice D. Medidas de Racionalização de Energia	99

Lista de Figuras

Figura 1.1. Distribuição Mundial do Consumo de Energia.....	1
Figura 2.1. Processo de Determinação de Poupança.....	12
Figura 3.1. Evolução dos consumos de energia elétrica anual.....	19
Figura 3.2. Evolução do consumo de energia ativa (kWh).....	19
Figura 3.3. Desagregação por períodos horários do consumo de energia ativa (kWh).....	20
Figura 3.4. Consumo médio dos últimos três anos, dividido pelos quatro períodos horários.....	21
Figura 3.5. Consumo acumulado de energia ativa de 2013, 2014 e 2015 (kWh).....	21
Figura 3.6. Comparação do custo mensal c/IVA dos três anos de referência (€).....	22
Figura 3.7. Comparação do custo anual c/IVA dos anos de referência (€).....	22
Figura 3.8. Diagramas de Carga da terceira semana de dezembro de 2013, 2014 e 2015.....	25
Figura 3.9. Diagramas de Carga da segunda semana de abril de 2013, 2014 e 2015.....	25
Figura 3.10. Diagramas de Carga da segunda semana de junho de 2013, 2014 e 2015.....	25
Figura 3.11. Diagramas de Carga da segunda semana de janeiro de 2013, 2014 e 2015.....	25
Figura 3.12. Diagrama de Sazonalidade do DEEC.....	26
Figura 3.13. Consumo do DEEC desagregado por torre de 01/12/2014 a 07/12/2014.....	28
Figura 3.14. Estrutura do DEEC.....	28
Figura 3.15. Consumos percentuais da torre R de 24/11/2014 a 30/11/2014.....	29
Figura 3.16. Consumos percentuais da torre T de 01/12/2014 a 07/12/2014.....	30
Figura 4.1. Zonas de iluminação do espaço em estudo.....	35
Figura 4.2. Simulação em Dialux do cenário de referência.....	36
Figura 4.3. Simulação em Dialux do novo cenário luminoso.....	36
Figura 4.4. Zonas de iluminação após aplicação da MRE no LGE.....	37
Figura 4.5. Zonas de iluminação após aplicação da MRE no LSD.....	38
Figura 4.6. Autocolante de ação de sensibilização.....	44
Figura A.1. Menu Inicial.....	58
Figura A.2. Submenu Configuração do Sistema.....	58
Figura A.3. Folha de evolução do consumo de energia ativa.....	60
Figura A.4. Folha de evolução do consumo pelos períodos horários.....	60
Figura A.5. Folha de consumo anual detalhado.....	61
Figura A.6. Folha de consumo acumulado.....	61
Figura A.7. Folha de evolução de custos detalhados c/IVA.....	62
Figura A.8. Folha de evolução total de custos c/IVA.....	62

Figura A.9. Folha de comparação de comercializadores	63
Figura A.10. Comando Abrir	65
Figura A.11. Botão Procurar	66
Figura A.12. Primeira mensagem inicial.....	66
Figura A.13. Segunda mensagem inicial.....	66
Figura A.14. Botão Guardar da Barra de Ferramentas de Acesso Rápido.....	67
Figura A.15. Menu Principal.....	67
Figura A.16. Ícone para regressar ao menu inicial.....	68
Figura A.17. Submenu Configuração do Sistema	68
Figura A.18. Introdução de Dados	69
Figura A.19. Submenu Comparação de Comercializadores - Dados.....	69
Figura A.20. Submenu Comparação de Comercializadores	70
Figura A.21. Opção Reiniciar Sistemas Anos Pretendidos.....	70
Figura A.22. Opção de Restaurar 2013, 2014, 2015	71
Figura A.23. Opção de Avançar um ano nos anos de referência	71
Figura B.1. Menu Inicial	78
Figura B.2. Submenu Configuração do Sistema	78
Figura B.3. Folha de Telecontagem Dinâmica com respetivas opções de pesquisa	79
Figura B.4. Folha de comparação anual de consumo.....	80
Figura B.5. Folha de análises semanais.....	81
Figura B.6. Folha de comparações semanais	82
Figura B.7. Folha de sazonalidade dos anos consecutivos.....	82
Figura B.8. Folha de comparação de sazonalidade dos três anos de estudo	83
Figura B.9. Comando Abrir.....	85
Figura B.10. Botão Procurar	86
Figura B.11. Primeira mensagem inicial.....	86
Figura B.12. Segunda mensagem inicial.....	86
Figura B.13. Botão Guardar da Barra de Ferramentas de Acesso Rápido.....	87
Figura B.14. Menu Principal.....	87
Figura B.15. Ícone para regressar ao menu inicial.....	88
Figura B.16. Submenu Configuração do Sistema	88
Figura B.17. Opções de Pesquisa	89
Figura B.18. Reiniciar sistema de Opções de Pesquisa.....	89
Figura B.19. Folha de Análises Semanais.....	89
Figura B.20. Folha de Comparações Semanais.....	90

Figura B.21. Opção de Restaurar Ano 2013, 2014 e 2015.....	90
Figura B.22. Opção de Avançar um ano nos anos em estudo.....	91
Figura B.23. Introdução de Dados	91
Figura B.24. Opção de Atualizar Dados	92
Figura C.1. Temporizador Programável.....	97
Figura C.2. Ecrã do temporizador programável.....	97
Figura D.1. Zonas de iluminação do espaço em estudo	107
Figura D.2. Diagrama de carga da iluminação num dia de funcionamento regular.....	108
Figura D.3. Diagrama de carga da iluminação num dia de funcionamento irregular	108
Figura D.4. Localização prevista dos detetores de movimento com temporização	109
Figura D.5. Simulação em Dialux do cenário de referência	109
Figura D.6. Simulação em Dialux do novo cenário luminoso	110
Figura D.7. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE.....	112
Figura D.8. Zonas de iluminação após aplicação da MRE	112
Figura D.9. Inquérito do plano M&V	115
Figura D.10. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE.....	118
Figura D.11. Zonas de iluminação após aplicação da MRE	118
Figura D.12. Inquérito do plano M&V	122
Figura D.13. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE.....	124
Figura D.14. Zonas de iluminação após aplicação da MRE	124
Figura D.15. Inquérito do plano M&V	127
Figura D.16. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE.....	130
Figura D.17. Zonas de iluminação após aplicação da MRE	130
Figura D.18. Inquérito do plano M&V	133
Figura D.19. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE.....	136
Figura D.20. Zonas de iluminação após aplicação da MRE	136
Figura D.21. Inquérito do plano M&V	138
Figura D.22. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE.....	142
Figura D.23. Zonas de iluminação após aplicação da MRE	142
Figura D.24. Inquérito do plano M&V	145
Figura D.25. Zona de iluminação antes da aplicação da MRE	148
Figura D.26. Zonas de iluminação após aplicação da MRE	148
Figura D.27. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE.....	152
Figura D.28. Zonas de iluminação após aplicação da MRE	152
Figura D.29. Planta dos corredores dos pisos 0 e 1.....	161

Figura D.30. Planta dos corredores dos pisos 0 e 1 após implementação da MRE	162
Figura D.31. Potência média em aquecimento para os diferentes períodos horários.....	166
Figura D.32. Autocolante de ação de sensibilização.....	170
Figura D.33. Interruptor de comando dos circuitos de iluminação	173
Figura D.34. Percurso de inspeção pelas instalações	174
Figura D.35. Posicionamento dos interruptores rotativos de comando do piso 0 da torre T	174

Lista de Tabelas

Tabela 3.1. Situação Contratual Energética	17
Tabela 3.2. Preços de Potência com base na Fatura EDP de dez 2014	18
Tabela 3.3. Período Horário para o ciclo semanal com feriados.....	18
Tabela 3.4. Telecontagem dos três anos de estudo	23
Tabela 3.5. Indicadores Energéticos	24
Tabela 3.6. Indicadores de Consumo de semanas típicas e atípicas	26
Tabela 3.7. Consumo do ano de referência	30
Tabela 3.8. Metas de redução dos CEE anuais	32
Tabela 4.1. Quadro de comparações de intensidade luminosa.....	36
Tabela 4.2. Quadro resumo das MRE a implementar	38
Tabela 4.3. Quadro resumo das MRE a implementar	39
Tabela 4.4. Exemplo de energia consumida pelos circuitos de iluminação das torres	41
Tabela 4.5. MRE implementadas e respetivas estimativas de poupanças.....	45
Tabela 4.6. Impacto de cada medida na redução do consumo específico de energia anual.....	46
Tabela 5.1. Resumo das MRE implementadas.....	50
Tabela A.1. Resumo de Hiperligações	63
Tabela B.1. Resumo de Hiperligações	83
Tabela D.1. Potência total instalada em iluminação	107
Tabela D.2. Quadro de comparações de intensidade luminosa.....	110
Tabela D.3. Custos de implementação da MRE.....	110
Tabela D.4. Potência total instalada em iluminação	111
Tabela D.5. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções.....	112
Tabela D.6. Custos de implementação da MRE.....	113
Tabela D.7. Número de lâmpadas por zona	113
Tabela D.8. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE	114
Tabela D.9. Poupança para as variadas opções	114
Tabela D.10. Potência total instalada em iluminação	117
Tabela D.11. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções.....	119
Tabela D.12. Custos de implementação da MRE.....	119
Tabela D.13. Número de lâmpadas por zona	119
Tabela D.14. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE	120
Tabela D.15. Poupança para as variadas opções	120

Tabela D.16. Potência total instalada em iluminação	123
Tabela D.17. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções.....	124
Tabela D.18. Custos de implementação da MRE.....	125
Tabela D.19. Número de lâmpadas por zona	125
Tabela D.20. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE	126
Tabela D.21. Poupança para as variadas opções	126
Tabela D.22. Potência total instalada em iluminação	129
Tabela D.23. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções.....	131
Tabela D.24. Custos de implementação da MRE.....	131
Tabela D.25. Número de lâmpadas por zona	131
Tabela D.26. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE	132
Tabela D.27. Poupança para as variadas opções	132
Tabela D.28. Potência total instalada em iluminação	135
Tabela D.29. Potência total instalada em iluminação com MRE.....	136
Tabela D.30. Custos de implementação da MRE.....	136
Tabela D.31. Número de lâmpadas por zona	137
Tabela D.32. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE	137
Tabela D.33. Poupança com a implementação da MRE	137
Tabela D.34. Potência total instalada em iluminação	141
Tabela D.35. Potência total instalada em iluminação com MRE.....	142
Tabela D.36. Custos de implementação da MRE.....	143
Tabela D.37. Número de lâmpadas por zona	143
Tabela D.38. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE	143
Tabela D.39. Poupança com a implementação da MRE	143
Tabela D.40. Potência total instalada em iluminação	147
Tabela D.41. Custos de implementação da MRE.....	148
Tabela D.42. Número de lâmpadas por circuito.....	148
Tabela D.43. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE	149
Tabela D.44. Potência total instalada em iluminação	151
Tabela D.45. Custos de implementação da MRE.....	152
Tabela D.46. Número de lâmpadas por circuito.....	153
Tabela D.47. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE	153
Tabela D.48. Potência total instalada por torre	155
Tabela D.49. Custos de implementação da MRE por torre.....	156
Tabela D.50. Potência total instalada por torre	157

Tabela D.51. Exemplo de energia consumida pelos circuitos de iluminação das torres.....	158
Tabela D.52. Potência total instalada em iluminação	161
Tabela D.53. Potência total instalada em iluminação após implementação da MRE	162
Tabela D.54. Custos de implementação da MRE.....	162
Tabela D.55. Potência total instalada em iluminação antes e depois da MRE	162
Tabela D.56. Consumos típicos de um dia útil e não útil.....	169
Tabela D.57. Custos de implementação da MRE	170

Abreviaturas e Símbolos

Abreviaturas

CEE	Consumo Específico de Energia
CIE	Consumo Intensivo de Energia
DEEC	Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
ECO.AP	Programa de Eficiência Energética na Administração Pública
ENE	Estratégia Nacional para a Energia
EPBD	Desempenho Energético dos Edifícios
ESE	Empresas de Serviços Energéticos
GEE	Gases de Efeito Estufa
IC	Intensidade Carbónica
IE	Intensidade Energética
IPMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético
LCA	Análise de Ciclo de Vida
M&V	Medição e Verificação
MRE	Medidas de Racionalização de Energia
MT	Média Tensão
ORC	Oportunidades de Racionalização de Consumo
PNAEE	Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética
PNAER	Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis
PREn	Plano de Racionalização de Consumo de Energia
PRI	Período de Retorno de Investimento
RECS	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços
REH	Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação
SCE	Sistema de Certificação Energética de Edifícios
SGCIE	Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia
UE	União Europeia
VAB	Valor Acrescentado Bruto

Símbolos

kg	Quilograma
kgCO ₂	Quilograma de Dióxido de Carbono

kVA	Quilovolt-Ampere
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-Hora
lm	Lúmen
lux	Iluminância
m	Metro
m ²	Metro Quadrado
tep	Toneladas Equivalentes de Petróleo
W	Watt

1. Introdução

1.1. Contextualização e Motivação

A eficiência energética é uma componente fulcral das políticas de energia e do ambiente no planeta terra, uma vez que permite reduzir os consumos energéticos em variadas áreas, reforçando ainda a competitividade da economia mundial e cumprindo metas estabelecidas no que se refere à emissão de gases de efeito estufa (GEE). As alterações climáticas levaram os representantes de todos os governos a agir no sentido de encontrar fontes de energias alternativas. Mesmo assim será indispensável um uso mais eficiente da energia por parte de todos os cidadãos.

Em 2014 o consumo mundial de energia atingiu o valor de 12,9 mil milhões de toneladas equivalentes de petróleo (tep), verificando-se que cerca de 91% do consumo energético corresponde à queima de combustíveis fósseis e apenas 9% de energias renováveis [1].

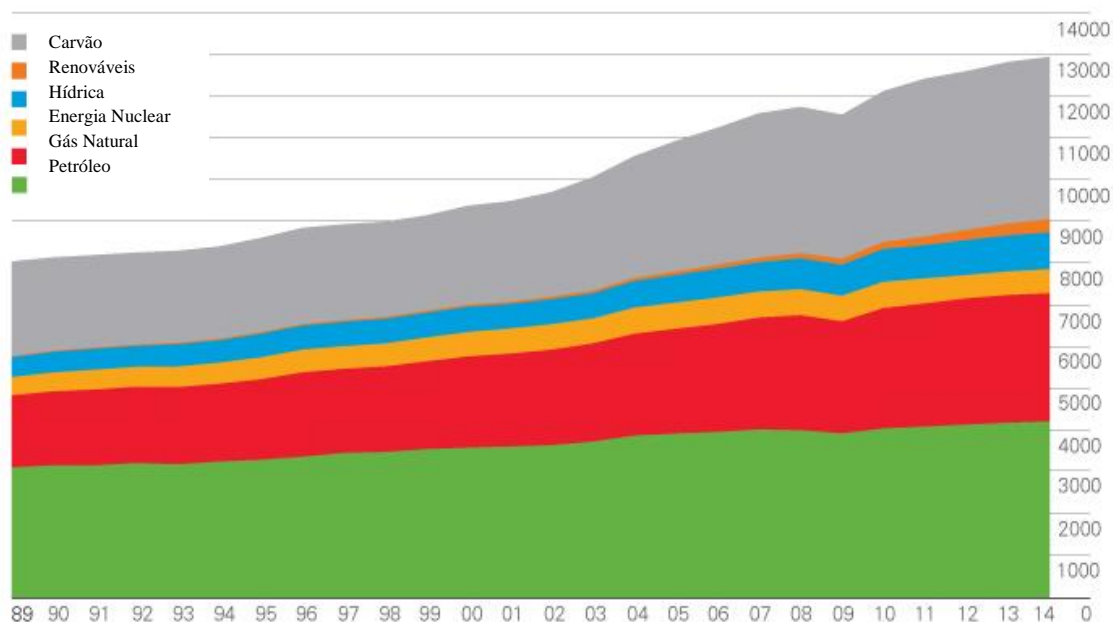


Figura 1.1. Distribuição Mundial do Consumo de Energia

Destes resultados verifica-se que a matriz energética mundial é extremamente dependente dos combustíveis fósseis, o que provocará uma grande emissão de GEE. Devido aos efeitos nefastos para o futuro das novas gerações foi assinado, em dezembro de 1997, o Protocolo de

Quioto, onde foram definidas metas para a redução das emissões de GEE. O aumento destas emissões quebrou as pretensões do protocolo.

Portugal, tal como os outros países, define estratégias e planos de ação de forma a conseguir atingir as metas impostas pela União Europeia (UE). Devido a Portugal ser um país com poucos recursos fósseis endógenos, tem vindo a reconsiderar a sua matriz energética por forma a alcançar um maior uso de recursos renováveis, mas também uma utilização mais eficiente e sustentável da energia, alcançando assim efeitos positivos a nível económico, social e ambiental.

Para corresponder aos objetivos a que o Estado Português se propôs em conjunto com os outros estados membros definiu-se uma nova Estratégia Nacional para a Energia (ENE), a ENE2020, que assenta sobre cinco eixos principais:

- agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira;
- aposta nas energias renováveis;
- promoção da eficiência energética;
- garantia da segurança de abastecimento;
- sustentabilidade económica e ambiental.

Com esta estratégia pretende-se manter Portugal na fronteira tecnológica das energias alternativas, potenciando a produção e exportação de soluções com elevado valor acrescentado, que permitam ainda diminuir a dependência energética exterior e reduzir as emissões de GEE [2].

A nível da eficiência energética há um enorme potencial no setor dos edifícios, onde deverá ser reforçada a penetração da produção de energias renováveis (solar térmico, solar fotovoltaico, micro-eólicas). A utilização do processo de certificação energética será um instrumento fundamental para melhorar o desempenho energético dos edifícios, conseguindo-se com isto um uso mais eficiente de energia por parte dos seus utilizadores [3].

1.2. Objetivos

A presente dissertação tem como objetivo principal a criação de um Plano de Racionalização de Consumo de Energia (PREn) para o edifício do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC) do Pólo II da Universidade de Coimbra. Para isso será realizada uma análise minuciosa do consumo energético, onde serão analisadas as faturas do comercializador de energia, a telecontagem do espaço em estudo e, com o objetivo de obter um maior rigor dos resultados, ainda será elaborada uma desagregação de consumos energéticos e algumas monitorizações.

Após a análise dos resultados obtidos no ponto anterior será possível identificar potenciais

medidas corretivas, no caso de serem evidentes os benefícios da sua aplicação na redução da fatura energética e obtenção de um melhor nível de classificação energética do edifício, que promovam a utilização da energia elétrica de forma mais eficiente e racional.

Outro grande objetivo desta dissertação será a criação de duas folhas de cálculo, usando a ferramenta Excel, uma para análise de faturas energéticas e outra para a análise de telecontagem. A implementação destas folhas permitirá uma simplificação na análise dos dados respetivos.

1.3. Estrutura da Dissertação

A dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, bibliografia e apêndices. Após este primeiro capítulo de introdução, onde é apresentada uma breve contextualização e motivação foi feito, no segundo capítulo, o enquadramento com os princípios base para a elaboração da dissertação. Neste capítulo são abordados cinco temas: Legislação Nacional, Consumo de Energia em Edifícios da Administração Pública, Auditoria Energética, Plano de Racionalização de Consumo de Energia e Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (IPMVP).

O terceiro capítulo apresenta a caracterização da análise de consumos energéticos do espaço em estudo, onde se faz uma referência à estrutura do edifício, à análise de faturas do comercializador de energia, à análise de telecontagem e à desagregação do consumo energético. Aqui são especificados os consumos da instalação, os indicadores energéticos e as metas de redução do consumo específico de energia durante o período de implementação do PReN.

O quarto capítulo refere-se à elaboração do PReN, onde se especifica a definição do plano e as medidas de racionalização de consumo que visam a redução do consumo de energia e a contribuição das mesmas para a redução dos indicadores energéticos.

Por último, no quinto capítulo, são apresentadas as principais conclusões.

Em apêndice são apresentados os manuais de referência e os manuais de utilizador para as folhas de cálculo, Análise de Faturas Energéticas e Análise de Telecontagem e, ainda, os planos de implementação das Medidas de Racionalização de Energia (MRE).

2. Enquadramento

2.1. Legislação Nacional

Portugal, para atingir as metas impostas pela UE e para melhorar o desempenho energético, uma vez que é um dos fatores chave da sustentabilidade energética, tem vindo a adotar diversas estratégias políticas para alcançar um melhor desempenho no setor.

A política energética nacional assenta em dois pilares fundamentais: a racionalidade económica e a sustentabilidade. São objetivos desta política:

1. reduzir significativamente as emissões de gases de efeito estufa;
2. reforçar a diversificação das fontes de energia primária;
3. aumentar a eficiência energética da economia, em particular no setor do Estado;
4. contribuir para o aumento da competitividade da economia.

Neste âmbito foram desenvolvidos programas e planos que têm objetivos particulares e vão permitir dinamizar medidas a todos os níveis [4].

2.1.1 Sistema de Certificação Energética de Edifícios (SCE)

A certificação energética de edifícios possibilita o conhecimento de informações acerca do desempenho energético dos mesmos. Em edifícios novos, serve de mecanismo de verificação do cumprimento de requisitos térmicos, enquanto que em edifícios existentes permite a promoção, bem como a identificação de medidas que tornarão o edifício com um melhor desempenho energético.

Dado que o setor dos edifícios é responsável pelo consumo de 40% da energia final na Europa, melhorar o desempenho energético torna-se num fator chave para a sustentabilidade. Assim os Estados-Membros da UE têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios [5].

Neste contexto surge o Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto, que aprova o Sistema de Certificação Energética de Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH) e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e

Serviços (RECS), e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios [6].

2.1.2 REH

O REH estabelece os requisitos para os edifícios de habitação, novos ou sujeitos a intervenções, bem como os parâmetros e metodologias de caracterização do desempenho energético, em condições nominais, de todos os edifícios de habitação e dos seus sistemas técnicos, no sentido de promover a melhoria do respetivo comportamento térmico, a eficiência dos seus sistemas técnicos e a minimização do risco de ocorrência de condensações superficiais nos elementos da envolvente [6].

2.1.3 RECS

O RECS estabelece as regras a observar no projeto, construção, alteração, operação e manutenção de edifícios de comércio e serviços e seus sistemas técnicos, bem como os requisitos para a caracterização do seu desempenho, no sentido de promover a eficiência energética e a qualidade do ar interior [6].

2.1.4 ECO.AP

Através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 2/2011, lançou-se o Programa de Eficiência Energética na Administração Pública (ECO.AP), que tem como objetivo obter um nível de eficiência energética na ordem de 30% até 2020, nos organismos e serviços da Administração Pública sem aumento da despesa pública, permitindo, ao mesmo tempo, o estímulo da economia no setor das empresas de serviços energéticos [7].

É um programa evolutivo que se transpõe num conjunto de medidas de eficiência energética para a execução a curto, médio e longo prazos nos serviços, organismos e equipamentos públicos, com o objetivo de modificar comportamentos e de promover uma gestão racional dos serviços energéticos, através da contratação de Empresas de Serviços Energéticos (ESE).

Para obter resultados positivos está em funcionamento o Barómetro de Eficiência Energética que se destina a comparar e divulgar o desempenho energético da Administração Pública.

2.1.5 ENE2020

Para corresponder aos objetivos a que o Estado Português se propôs, em conjunto com os outros estados membros, o Governo definiu a ENE2020 que assenta em cinco eixos fulcrais:

1. agenda para a competitividade, o crescimento e a independência energética e financeira;
2. aposta nas energias renováveis;
3. promoção da eficiência energética;
4. garantia de segurança de abastecimento;
5. sustentabilidade económica e ambiental.

O principal objetivo da introdução destas medidas é manter Portugal na fronteira tecnológica das energias renováveis, potenciando a produção e exportação de soluções com elevado valor acrescentado que permitam diminuir ainda mais a dependência energética do exterior e minorar as emissões de GEE [3].

2.1.6 PNAEE e PNAER

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) são instrumentos de planeamento energético que estabelecem o modo de alcançar as metas e os compromissos internacionais assumidos por Portugal em matéria de eficiência energética e de utilização de energia proveniente de fontes renováveis. Estes planos têm como principais objetivos:

- cumprir todos os compromissos assumidos por Portugal de forma racional do ponto de vista económico;
- reduzir significativamente as emissões de GEE;
- reforçar a diversificação das fontes de energia primária;
- contribuir para o aumento da competitividade da economia.

Com isto, pretende-se adquirir uma estratégia sustentável de eficiência energética e de exploração de energias renováveis para Portugal, ajudando a uma economia mais competitiva e de baixo carbono [8].

2.2. Consumo de Energia em Edifícios da Administração Pública

Os Edifícios da Administração Pública caracterizam-se por possuírem um ambiente de funcionamento bastante próprio, uma vez que usualmente a atividade inicia-se de manhã e termina ao final da tarde, pelo que o diagrama de uso de espaços é bastante irregular.

Neste panorama de funcionamento, a prática eficiente de energia depende da gestão correta das instalações e de uma manutenção qualificada.

Estudos relacionados com a Análise de Ciclo de Vida (LCA) dos edifícios chamam à atenção para o facto da eficiência energética não depender apenas dos comportamentos dos habi-

tantes ou do estado do edifício, mas também da forma como é construído.

O melhoramento dos sistemas de iluminação e de climatização sobressaem entre as medidas a serem implementadas, uma vez que estas apresentam níveis de rentabilidade económica mais significativos. Face a este facto dever-se-á investir no aperfeiçoamento de tais sistemas, com vista a obter um nível de eficiência energética o mais alto possível e um menor custo de implementação associado.

2.3. Auditorias Energéticas

A Auditoria Energética não é mais do que um conjunto de ações que visa a caracterização das condições de utilização da energia, levando à identificação de oportunidades de racionalização, tendo em vista a implementação de medidas com viabilidade técnico-económica [9].

Todas as instalações Consumidoras Intensivas de Energia (CIE), com consumos superiores a 500 tep/ano, a auditoria energética aparece como uma obrigação legal [10].

2.3.1 Objetivos

O principal objetivo de uma auditoria energética é efetuar o estudo ou análise das condições de utilização energética nas instalações e caracterização do estado das mesmas. Procura identificar Oportunidades de Racionalização de Consumo (ORC) que conduzam a uma redução da fatura energética, ainda que, preservando o mesmo nível de produção e conforto. Possibilita também que se aproveite a informação para a formulação de eventuais PREn.

2.3.2 Metodologia

De uma maneira geral podem distinguir-se quatro fases fulcrais numa auditoria energética dependendo, no entanto, do seu âmbito, do tipo de instalação, bem como do orçamento financeiro. Destacam-se as seguintes etapas:

- preparação da intervenção – procede-se basicamente à recolha e análise de dados documentais fornecidos pelo cliente;
- intervenção em campo – baseia-se numa análise das condições de utilização de energia que incidirá:
 - na análise dos setores e equipamentos principais consumidores;
 - no controlo de combustão e na medida dos rendimentos energéticos de equipamentos de queima;
 - na identificação e quantificação de perdas térmicas importantes;
 - na verificação do estado das instalações de geração, de transporte e de distribui-

- ção de energia;
- na monitorização em contínuo, dos principais consumidores de energia elétrica;
- na verificação de existência e do bom funcionamento dos aparelhos de controlo e regulação do equipamento de conversão;
- na investigação das possibilidades técnico-económicas de valorização dos efluentes térmicos.
- análise e tratamento da informação – nesta etapa os técnicos auditores necessitarão de organizar toda a informação recolhida nas fases anteriores;
- elaboração do relatório da auditoria – a auditoria energética ficará concluída com a preparação do respetivo relatório, onde deverá ser apresentada toda a informação de uma forma estruturada e coerente.

2.4. Plano de Racionalização de Consumo de Energia

O PREn não é mais do que um manual de medidas que apresenta recomendações viáveis com o objetivo de possibilitar a melhoria da eficiência energética de uma instalação. É elaborado com base nos relatórios das auditorias, sendo posteriormente estabelecidas metas relativas aos indicadores energéticos e propostas medidas de racionalização de energia para a instalação CIE abrangida pelo plano.

Considera-se como ano de referência para o PREn, o ano civil anterior à data de realização, neste caso em concreto o ano de 2014 [10].

2.4.1 Estrutura do PREn

A estrutura do PREn segue o enquadramento legal presente no Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, que apresenta como intenção a regulação do Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), com objetivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia. O PREn estrutura-se da seguinte forma [10]:

- análise das auditorias energéticas;
- cálculo dos indicadores e das metas impostas pelo decreto-lei em vigor;
- elaboração de medidas que visam a racionalização de energia;
- quantificação do impacto das medidas nos indicadores energéticos.

Embora os PREn, seguindo a legislação em vigor, não contenham nenhuma exigência relativamente à veracidade dos valores, optou-se por incluir um ponto extra na estrutura que consiste em planos de Medição e Verificação (M&V) das medidas para confirmar as poupanças

de energia estimadas.

2.4.2 Indicadores Energéticos do PReN

Os PReN centram-se em torno de três indicadores energéticos: Intensidade Energética (IE), Intensidade Carbónica (IC) e Consumo Específico de Energia (CEE). Definem-se como [10]:

- Intensidade Energética – medida pelo quociente entre o consumo total de energia e o Valor Acrescentado Bruto (VAB) das atividades empresariais diretamente ligadas a essas instalações industriais e, sempre que aplicável, pelo quociente entre o consumo total de energia e o volume de produção, expressa na seguinte expressão (1):

$$\text{Intensidade Energética(IE)} = \frac{\text{Consumo Total de Energia(tep)}}{\text{Valor Acrescentado Bruto(€)}} \quad (1)$$

- Intensidade Carbónica – medida pelo quociente entre o valor das emissões de gases de efeito estufa resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respetivo consumo total de energia, expressa na seguinte expressão (2):

$$\text{Intensidade Carbónica(IC)} = \frac{\text{Emissões GEE(kgCO}_2\text{)}}{\text{Consumo Total de Energia(tep)}} \quad (2)$$

- Consumo Específico de Energia – medido pelo quociente entre o consumo total de energia e o volume de produção, expressa na seguinte expressão (3):

$$\text{Consumo Específico de Energia(CEE)} = \frac{\text{Consumo Total de Energia(tep)}}{\text{Produção}} \quad (3)$$

No caso concreto em estudo, nos edifícios de serviços, este indicador é medido pelo quociente entre o consumo total de energia e a área de espaço útil do edifício, expressa na seguinte expressão (4):

$$\text{Consumo Específico de Energia(CEE)} = \frac{\text{Consumo Total de Energia(tep)}}{\text{Área(m}^2\text{)}} \quad (4)$$

O Indicador IE não é aplicável aos edifícios de serviços como o DEEC, daí não ser incluído no PReN, mas através do IC e do CEE são estabelecidas as metas desejadas e é averiguada a evolução do PReN ao longo do tempo de vigência.

2.4.3 Metas relativas ao consumo específico e intensidade carbónica

A quantidade de MRE a implementar irá depender das exigências impostas pelo SGCIE, dado que as metas dependem do consumo energético da instalação.

O Decreto-Lei em vigor afirma que todas as instalações com CIE superior a 1000 tep/ano terão de apresentar, no mínimo, uma melhoria de 6% do consumo específico de energia em seis anos, enquanto que instalações com CIE entre os 500 tep/ano e os 1000 tep/ano terão de apresentar, no mínimo, uma melhoria de 4% do consumo específico de energia em oito anos. Relativamente ao indicador energético, IC, apenas terá de se garantir, no mínimo, a manutenção dos valores históricos [10].

2.5. Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético

O IPMVP é um conjunto de documentos de apoio que pretende aumentar os investimentos na eficiência energética, gestão do consumo e projetos de energia renovável em todo o mundo. Documenta termos comuns e métodos para avaliar o desempenho energético de projetos de eficiência, fornece métodos com diferentes níveis de custo e exatidão, para determinar poupanças para toda a instalação ou para medidas individuais de racionalização de energia e especifica o conteúdo de um plano M&V. Aplica-se a diversos tipos de instalações, incluindo edifícios novos ou a edifícios já existentes e até mesmo a processos industriais [11].

2.5.1 Definição e Objetivos

O plano M&V permite determinar de modo seguro a poupança real criada por um programa de gestão de energia. Os grandes objetivos do uso das técnicas de M&V são: determinar com exatidão a poupança de energia, permitir documentar o desempenho energético de forma transparente e sujeito a uma verificação independente, aumentar a transparência e credibilidade dos relatórios acerca dos resultados dos investimentos de eficiência, melhorar projetos de engenharia, funcionamento e manutenção, ajudar os gestores a avaliar e gerir a utilização de energia para explicar variações de orçamentos, melhorar relatórios de redução de emissão, apoiar a avaliação de programas de eficiência regionais e aumentar a compreensão do público acerca da gestão da energia enquanto ferramenta de política pública [11].

2.5.2 Princípios

Com a finalidade de obter uma boa prática de M&V, deverão seguir-se os seguintes princípios fundamentais [11]:

- completo – a medição de poupanças deve ser a mais completa possível;
- conservador – procedimentos de M&V devem ser concebidos para avaliar por baixo a poupança;
- consistente – o relatório da eficácia deve ser consistente entre diferentes tipos de projetos de eficiência energética, diferentes profissionais de gestão energética, diferentes períodos de tempo e projetos de eficiência energética e novos projetos de produção de energia;
- preciso – os projetos de M&V devem ser tão precisos quanto o orçamento de M&V o permita;
- relevante – a determinação de poupança deve medir os parâmetros de desempenho energético mais importantes;
- transparente – todas as atividades de M&V devem ser claras e completamente divulgadas.

2.5.3 Poupança

A poupança nunca poderá ser medida diretamente, já que esta revela a privação de consumo. Por este motivo, a poupança é determinada comparando o consumo medido ou consumo antes e depois da implementação do programa, fazendo-se os ajustes adequados às alterações nas condições. Pode ser expressa pela subtração entre o consumo do período de referência e o consumo do período de reporte, mais ou menos os ajustes. O termo período de referência representa o consumo medido anteriormente à implementação da MRE e o termo período de reporte representa o consumo medido posteriormente à implementação da MRE. O termo ajustes é usado para ajustar o consumo dos períodos de consumo de referência e de reporte sob um conjunto comum de condições, por forma a reportar adequadamente a poupança [11].

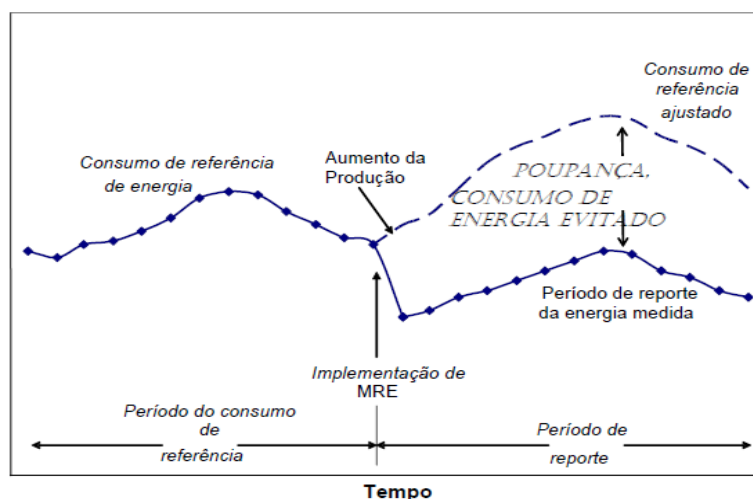


Figura 2.1. Processo de Determinação de Poupança

2.5.4 Processo de Conceção e Reporte de Informação

O processo de conceção da M&V e reporte de informação é paralelo ao processo de conceção e implementação da MRE. Os processos de M&V devem incluir as seguintes etapas [11]:

1. deliberar as técnicas de medição a aplicar (processo dependente se o utilizador está focado num controlo de custo global ou se o utilizador se centra em MRE em particular);
2. escolher a opção do IPMVP (no desenvolvimento da MRE);
3. reunir dados relevantes de energia e funcionamento do período do consumo de referência;
4. preparar um plano M&V;
5. implementar a MRE (conceber, instalar, calibrar e pôr em funcionamento qualquer equipamento especial que seja necessário ao plano M&V);
6. inspecionar o equipamento instalado e rever os procedimentos de funcionamento para se certificar de que estão em conformidade com a intenção de conceção da MRE (depois da MRE estar instalada);
7. reunir dados de energia e funcionamento do período de reporte;
8. calcular a poupança de energia;
9. reportar poupanças de acordo com o plano M&V.

Quando for necessário um relatório de poupança deverão ser executadas periodicamente as etapas de 7 a 9.

2.5.5 Fronteira de Medição

De acordo com os objetivos pretendidos, a poupança pode ser determinada de forma global, para toda a instalação, ou simplesmente para parte dela. Se o objetivo dos relatórios de poupanças for referente a um único equipamento pelo programa de poupanças deve-se estabelecer uma fronteira de medição em torno desse mesmo equipamento. Caso contrário, se o objetivo for o de ajudar a gerir o desempenho energético de toda a instalação, os contadores que medem o fornecimento de energia de toda a instalação podem ser usados para avaliar o desempenho energético e a poupança, sendo a fronteira, neste caso concreto, toda a instalação [11].

2.5.6 Seleção do Período de Medição

Tanto para o período do consumo de referência, como o período de reporte deve-se seleccionar de forma cuidadosa o período de tempo a ser utilizado.

O período de consumo de referência deve representar todos os modos de funcionamento

da instalação, cobrindo um ciclo de funcionamento completo e representando relativamente bem todas as condições de funcionamento de um ciclo de normal.

O período de reporte deve englobar pelo menos um ciclo de funcionamento normal para caracterizar completamente a eficácia da poupança em todos os modos de funcionamento normais [11].

2.5.7 Opções do IPMVP

Existem variadas formas de quantificar a energia, seja a partir das faturas energéticas ou leitura dos contadores da instalação, através de contadores especiais que isolem a MRE ou parte da instalação, através de medições separadas de parâmetros usados no cálculo do consumo de energia ou mesmo através da simulação por computador.

O IPMVP disponibiliza quatro opções para determinar a poupança (A, B, C e D). Para determinar qual das opções se deve escolher tem de se ter em conta diversos fatores, entre eles, o local da fronteira de medição. Se for decidido determinar a poupança ao nível da instalação, a opção C ou D deve ser selecionada. Por outro lado, se apenas é de ter em conta o desempenho energético da própria MRE, uma técnica de medição isolada é a mais adequada, devendo ser selecionada a opção A, B ou D [11].

A opção A do IPMVP, medição isolada da MRE, indica que a poupança é determinada com base na medição no terreno dos parâmetros chave do desempenho energético, que define o consumo de energia dos sistemas afetados pela MRE e/ou o sucesso do projeto. Os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados, baseando-se para isso em dados históricos, especificações do fabricante ou avaliações de engenharia. Esta opção torna-se menos dispendiosa, uma vez que o custo de estimar parâmetros é claramente menor do que o custo implícito da medição.

A opção B do IPMVP, medição isolada da MRE, diz-nos que a poupança é calculada com base na medição, de todos os parâmetros, no terreno do consumo de energia do sistema afetado pela MRE. Dependendo do aumento da complexidade da medição, o grau de dificuldade e os custos associados também irão aumentar. Mesmo assim, esta opção produzirá resultados mais precisos onde as cargas são variáveis.

A opção C do IPMVP, medição de toda a instalação, indica que a poupança é determinada pela medição do consumo de energia ao nível de toda a instalação ou sub-instalação. A fronteira de medição inclui ou toda a instalação ou uma grande parte desta. Geralmente a medição da energia em toda a instalação pode ser feita através dos contadores da empresa do setor energético, embora possa ser realizada por contadores individuais. Esta escolha não terá nenhuns custos associados à medição se o contador da empresa do setor energético já existente funcionar bem e se os dados

forem registados corretamente.

A opção D do IPMVP diz-nos que a poupança é determinada através da simulação do consumo de energia de toda a instalação ou de uma sub-instalação. Implica o uso de um software de simulação computadorizada para prever a energia da instalação. Esta opção torna-se muito útil quando os dados de energia do consumo de referência não existem ou não estão disponíveis, devido ao facto de estarmos perante uma nova instalação ou um agrupamento de instalações com contagem central. Quando os dados de energia do período de reporte não estão disponíveis ou estão escondidos por fatores difíceis de quantificar e mesmo quando se deseja determinar a poupança associada a MRE individuais as opções A ou B são muito difíceis e dispendiosas.

Cabe ao técnico de conceção do programa de M&V, a seleção da opção do IPMVP baseado em todo o conjunto de condições de projeto, análises, orçamentos e avaliação profissional.

3. Análise de Consumos Energéticos

3.1. Estrutura do Edifício

O DEEC é uma das 14 Unidades de Ensino e Investigação da Faculdade de Ciências e Tecnologias da Universidade de Coimbra, instalado no pólo II, a partir do ano letivo de 1996-1997 [12].

O departamento é constituído por cinco torres: R, S, T, A e B, com uma área total de 17613 m². O edifício é composto por salas de aulas nas torres A e T, diversos laboratórios didáticos nas torres R, S e T e variados laboratórios de investigação concentrados nos blocos em frente às torres R, S e T [13].

3.2. Análise de Faturas do Comercializador de Energia

3.2.1 Situação Contratual do Edifício

O contrato de fornecimento de energia elétrica, atualmente celebrado com a empresa EDP Comercial - Comercialização de Energia, S.A., é caracterizado da seguinte maneira:

Tabela 3.1. Situação Contratual Energética

Situação Contratual Energética	
Tarifa do Contrato	Energia + Redes em MT
Tarifa Contratada	Tetra-Horário
Ciclo Horário	Semanal com Feriados
Potência Instalada	630 kVA
Potência Contratada	292,95 kW

3.2.2 Tarifário

A fatura energética divide-se em diversas parcelas, entre elas, custos de energia ativa e custos de redes relativos à energia ativa, potência e energia reativa.

Uma das parcelas das faturas energéticas é referente aos custos de redes relativos à potência, sendo constituída pela potência contratada e a potência em horas de ponta.

Para calcular a potência contratada, terá de se ter em conta a potência tomada, potência essa que corresponde ao máximo valor de potência ativa média registada em intervalos contínuos

de 15 minutos, assinalada nos 12 meses anteriores abrangendo o mês a que a fatura respeita. Para clientes de MT nunca poderá ter um valor, em kW, inferior a 50% da potência instalada, em kVA.

A potência em horas de ponta é a razão entre a energia ativa consumida no período de horas de ponta e o número de horas do respetivo período horário, durante o intervalo de tempo a que a fatura respeita.

Tabela 3.2. Preços de Potência com base na Fatura EDP de dez 2014

Potência Contratada	1,0580 €/kW mês
Potência em Horas de Ponta	8,9580 €/kW mês

A parcela da fatura energética referente à energia é dividida em energia ativa e reativa, sendo a energia ativa ainda subdividida em custos de energia ativa e custos relativos às redes de energia ativa.

O tarifário escolhido tem distintos períodos horários, uma vez que estamos perante uma tarifa contratada com ciclo tarifário tetra-horário, com um ciclo horário semanal com feriados. Além disso, existem dois períodos ao longo do ano, o período de hora legal de inverno e o período de hora legal de verão.

Tabela 3.3. Período Horário para o ciclo semanal com feriados

Período de hora legal de inverno			Período de hora legal de verão		
Segunda a Sexta			Segunda a Sexta		
Ponta	09:30 18:30	12:00 21:00	Ponta	09:15 12:15	
Cheias	07:00 12:00 21:00	09:30 18:30 24:00	Cheias	07:00 12:15	09:15 24:00
Vazio Normal	00:00 06:00	02:00 07:00	Vazio Normal	00:00 06:00	02:00 07:00
Super Vazio	02:00	06:00	Super Vazio	02:00	06:00
Sábado			Sábado		
Cheias	09:30 18:30	13:00 22:00	Cheias	09:00 20:00	14:00 22:00
Vazio Normal	00:00 06:00 13:00 22:00	02:00 09:30 18:30 24:00	Vazio Normal	00:00 06:00 14:00 22:00	02:00 09:00 20:00 24:00
Super Vazio	02:00	06:00	Super Vazio	02:00	06:00
Domingo			Domingo		
Vazio Normal	00:00 06:00	02:00 24:00	Vazio Normal	00:00 06:00	02:00 24:00
Super Vazio	02:00	06:00	Super Vazio	02:00	06:00

3.2.3 Consumos

Através dos dados de faturação energética do edifício em estudo foi possível elaborar gráficos com a evolução de consumos, por forma a conhecer os padrões e a maneira como os próprios progridem ao longo dos anos. Desta forma, consegue-se analisar em pormenor a instalação e identificar irregularidades que possam surgir ao nível dos consumos energéticos.

A partir da folha de cálculo para a Análise de Faturas, desenvolvida no âmbito da dissertação, consegue-se uma simplificação na análise dos dados relativos à faturação energética.

No menu principal desta folha existe uma opção referente ao estudo do consumo. Nesta secção é permitido comparar o consumo de energia ativa total, pelos diferentes meses, dos três anos de referência, a evolução do consumo desagregado por períodos horários, o consumo anual detalhado referente aos três anos de referência e por último o consumo acumulado em cada um dos três anos de referência.

O manual de referência e manual de utilizador da folha de cálculo para a Análise de Faturas pode ser consultado no apêndice A.

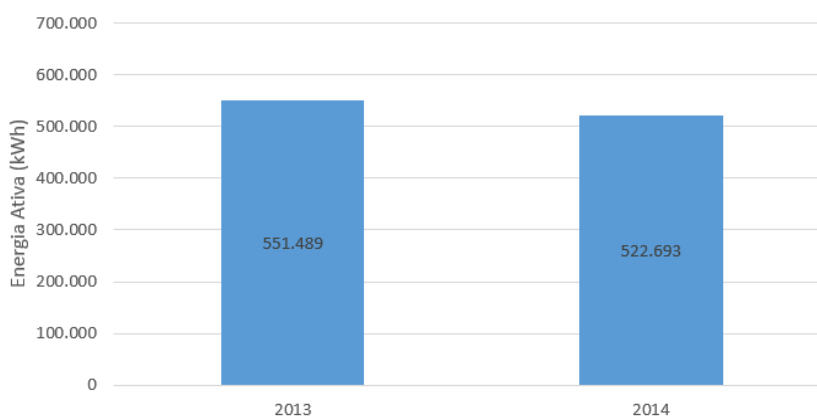


Figura 3.1. Evolução dos consumos de energia eléctrica anual

Da análise do gráfico da Figura 3.1 é claramente visível que, no ano 2014 regista-se uma diminuição da energia ativa consumida face a 2013. Através da análise dos resultados recolhidos anteriormente para o estudo do edifício, na elaboração da dissertação Plano de Racionalização do Consumo de Energia de um edifício do Pólo II – Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, e a partir da Figura 3.1, conclui-se que existe uma preocupação na redução dos consumos sem que sejam postos em causa, quer a comodidade dos ocupantes, quer o desenrolar das atividades no edifício.

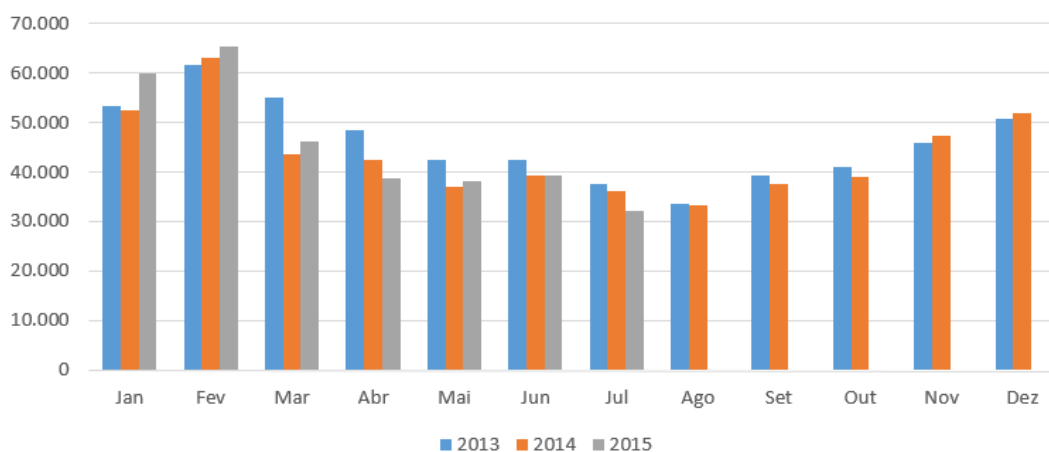


Figura 3.2. Evolução do consumo de energia ativa (kWh)

Graças ao gráfico representado na Figura 3.2, podemos observar que o consumo de energia ativa não apresenta um padrão uniformizado ao longo do ano. Verifica-se que nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, meses tipicamente mais frios, existe um aumento do consumo de energia ativa. Isto deve-se principalmente ao uso intensivo de aquecedores elétricos, uma vez que o sistema de climatização instalado no edifício não se encontra operacional. Com a aproximação do final do segundo semestre, meses de julho e agosto, verifica-se um menor consumo de energia ativa na instalação. Embora existam sistemas de climatização de arrefecimento, estes são em diminuta quantidade, que não se apura nenhum aumento de consumo de energia ativa nos meses mais quentes do ano.

Concluimos assim que os meses mais frios têm um maior impacto no consumo de energia ativa fase aos meses mais quentes.

O gráfico da Figura 3.2 também permite concluir o que já tinha sido mencionado da análise da Figura 3.1 que, com o passar dos anos, o consumo de energia tem vindo a diminuir. Exceção dos meses de janeiro e fevereiro de 2015 que apresentam um consumo superior aos anos anteriores, devido ao aumento do número de aparelhos de aquecimento resistivo, com vista a colmatar a falha do sistema de climatização, por forma a garantir uma melhor comodidade para os ocupantes.

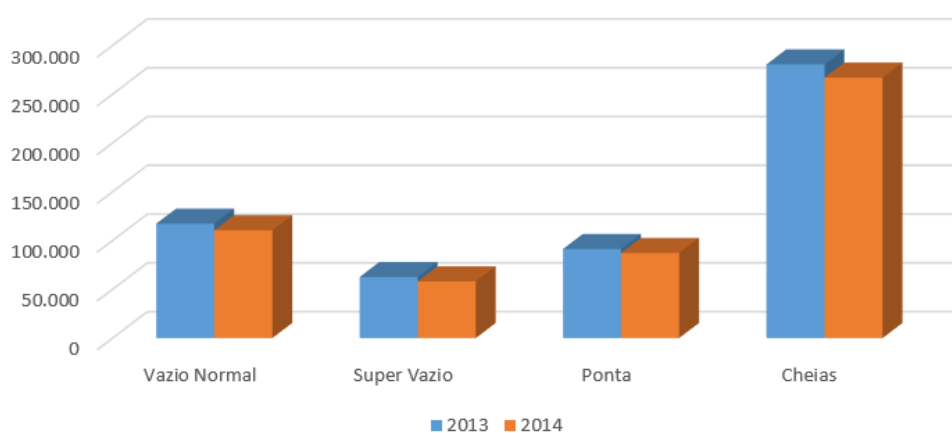


Figura 3.3. Desagregação por períodos horários do consumo de energia ativa (kWh)

O gráfico acima da desagregação pelos diversos períodos horários do consumo de energia ativa mostra que no ano 2014 há uma ligeira diminuição no consumo de energia ativa. Verifica-se essa diminuição em todos os diferentes períodos horários.

Também é notório que o período de cheias é aquele que apresenta um maior consumo, uma vez que é o período de maior número de horas face aos outros períodos e, também, o que mais se encaixa com o horário normal de funcionamento de um edifício de serviços. Em contrapartida, o período que alcança um menor consumo energético é o período de super vazio, uma vez que, neste período, das 2h:00 às 6h:00, corresponde ao período de menor atividade.

De seguida, apresenta-se um gráfico com consumo médio dos últimos três anos divididos

pelos quatro distintos horários, comprovando o anteriormente dito.

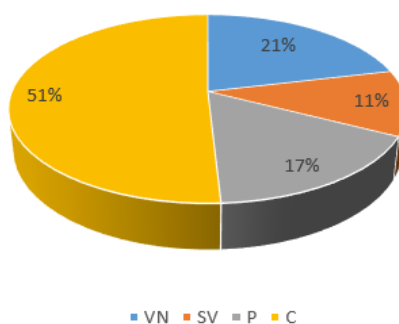


Figura 3.4. Consumo médio dos últimos três anos, dividido pelos quatro períodos horários

Para concluir esta análise referente ao consumo apresenta-se na Figura 3.5, um gráfico do consumo acumulado da energia ativa dos anos 2013, 2014 e 2015.

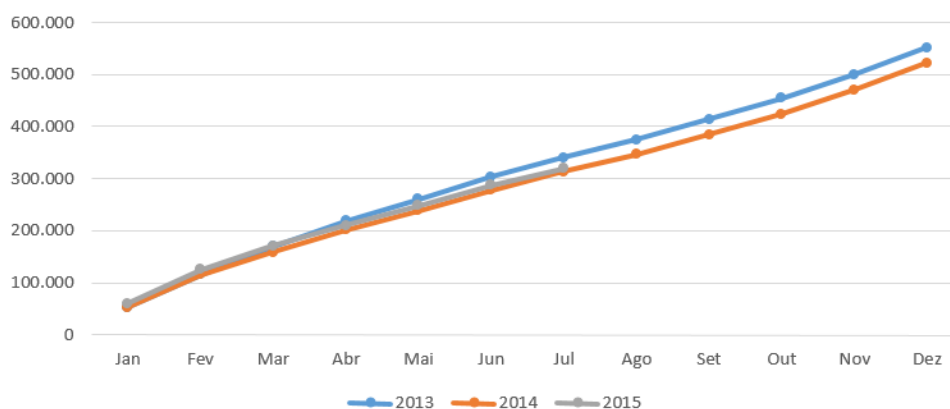


Figura 3.5. Consumo acumulado de energia ativa de 2013, 2014 e 2015 (kWh)

Da análise deste gráfico podemos observar uma ligeira diminuição no consumo geral de energia ativa do ano 2013 para o ano 2014 e uma subida ligeira do consumo do ano 2014 para o ano 2015.

3.2.4 Custos

Através da folha de cálculo para a Análise de Faturas, desenvolvida no âmbito da dissertação, consegue-se também realizar uma análise dos custos energéticos ao longo dos anos. No menu principal desta folha existe uma opção referente ao estudo dos custos. Nesta secção é permitido comparar o custo anual detalhado que, permite comparar o custo mensal c/IVA dos três anos de referência, comparar o custo anual que, possibilita a comparação anual dos custos associados ao consumo energético global por ano e ainda permite realizar uma comparação de comercializadores com o intuito de comparar o comercializador em fornecimento e outro comercializador do mesmo tipo de serviço.

O manual de referência e manual de utilizador da folha de cálculo para a Análise de Faturas pode ser consultado no apêndice A.

Na figura abaixo é possível ver o gráfico da análise da comparação do custo mensal c/IVA dos três anos de referência. Neste gráfico é visível que nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, o custo associado tem vindo a aumentar no decorrer dos anos, enquanto que, de uma forma em geral, nos restantes meses verifica-se o oposto, uma diminuição ao longo dos anos. Podemos concluir que existe um aumento dos custos associados aos meses tipicamente mais frios, isto devido ao aumento do número de equipamentos de aquecimento resistivo para colmatar a falha do sistema de climatização do edifício.

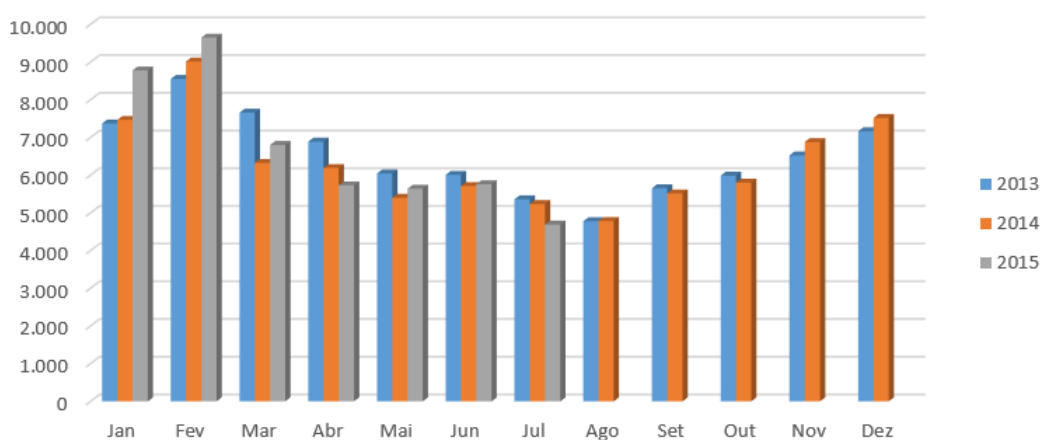


Figura 3.6. Comparação do custo mensal c/IVA dos três anos de referência (€)

Da análise do consumo anual é notório que existe uma diminuição dos custos energéticos no decorrer dos anos. Tal informação pode ser conferida na Figura 3.7.

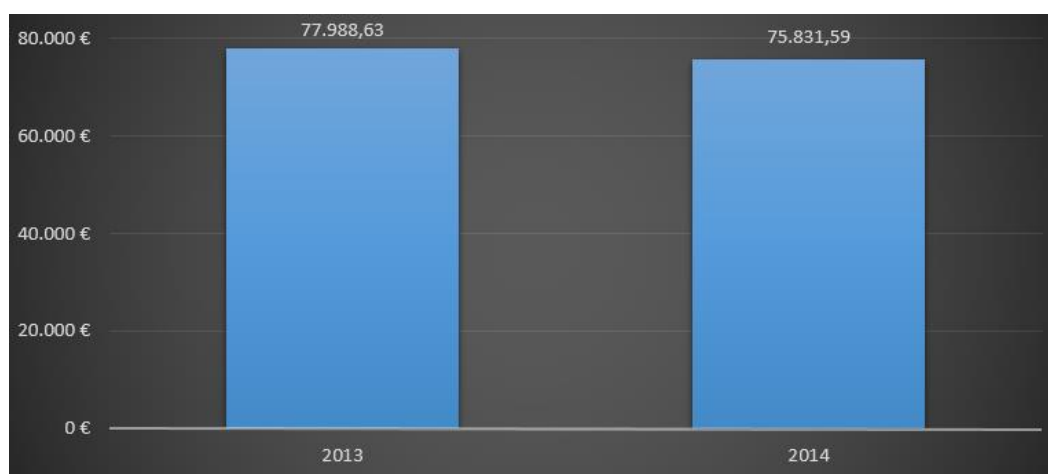


Figura 3.7. Comparação do custo anual c/IVA dos anos de referência (€)

A partir da análise da Figura 3.7 e da Figura 3.6, podemos concluir que existe uma diminuição de 2,7% dos custos associadas ao consumo energético, do ano 2013 para o ano 2014. Este facto vem a comprovar o que tinha sido dito na secção análise de consumos, a preocupação

na redução dos consumos, sem que sejam postos em causa quer a comodidade dos ocupantes quer o desenrolar das atividades no edifício.

3.3. Análise de Telecontagem

A partir da folha de cálculo para a Análise de Telecontagem, desenvolvida no âmbito da dissertação, consegue-se uma simplificação na análise dos dados relativos à telecontagem. No menu principal desta folha existe uma opção referente aos dados e outra opção referente ao estudo do consumo onde é possível realizar uma análise e obter conclusões de forma mais clara e precisa.

O manual de referência e manual de utilizador da folha de cálculo avançada Análise de Telecontagem pode ser consultado no apêndice B.

3.3.1 Telecontagem

A partir da secção Telecontagem Dinâmica da folha de cálculo podemos criar uma tabela interativa com o objetivo de comparar grandes quantidades de dados, relativos à telecontagem dos três anos de estudo com um período de integração de 15 minutos.

Tabela 3.4. Telecontagem dos três anos de estudo

Telecontagem (kWh)			
Rótulos de Linha	Soma de 1º Ano	Soma de 2º Ano	Soma de 3º Ano
Janeiro	62.992	54.906	62.956
Fevereiro	56.516	57.667	59.879
Março	58.149	47.624	48.941
Abril	47.894	41.012	38.568
Mai	44.854	37.547	38.337
Junho	39.523	37.296	37.738
Julho	39.318	38.575	40.354
Agosto	32.634	31.175	30.600
Setembro	38.321	37.430	35.264
Outubro	42.316	40.673	38.922
Novembro	44.742	44.968	41.688
Dezembro	50.608	49.599	45.111
Total Geral	557.867	518.469	518.356

Através da Tabela 3.4 podemos ver que, tal como tinha sido dito na secção análise de faturas do comercializador energético, que do ano de 2013 para o ano 2014 verifica-se uma diminuição dos consumos energéticos. Na Tabela 3.4 também é possível observar o consumo de todos os meses dos anos em estudo.

3.3.2 Comparação Anual de Consumo

A partir da secção Comparação Anual de Consumo da folha de cálculo podemos verificar, mais uma vez, que o consumo diminui do ano 2013 para o ano 2014 e ainda ver diversos indicadores de consumo energético.

Da análise da Tabela 3.5 podemos ver que a potência máxima manteve-se nos dois primeiros anos, tendo aumentado no ano 2015. Por outro lado, a potência média diminuiu do primeiro ano para o segundo, tendo aumentado para o máximo desta parcela no terceiro ano em estudo. O número de horas de utilização da ponta, que não é mais do que o consumo sobre a potência máxima, tem vindo a diminuir. Tal facto já não se verifica com o fator de carga, que não é mais do que a potência média sobre a potência máxima, uma vez que o segundo ano mostra uma diminuição ligeira face ao primeiro ano e um aumento ligeiro no último ano relativamente ao segundo.

Tabela 3.5. Indicadores Energéticos

	2013	2014	2015
Pot.Max[kW]	191,00	191,00	201,00
Pot.Méd[kW]	63,69	59,36	59,18
UP[h]	2.920,77	2.714,50	2.578,88
FC	0,33	0,31	0,29
FV	0,16	0,00	0,15
Consumo[kWh]	557.867,00	518.469,25	518.355,75

3.3.3 Comparações Semanais

Através da folha de cálculo para a Análise de Telecontagem, é possível adquirir de forma rápida qualquer diagrama de carga semanal dos anos em estudo. Deste modo, escolheram-se quatro semanas do ano, sendo duas semanas do período de aulas e duas semanas do período de exames, com o intuito de comparar esses quatro períodos de tempo nos diferentes anos e ainda ver as principais diferenças entre uma semana do período de aulas e uma semana do período de exames.

Escolheram-se como semanas do período de aulas a segunda semana do mês de abril e a terceira semana do mês de dezembro. Para as semanas do período de exames, escolheram-se a segunda semana do mês de janeiro e a segunda semana do mês de junho. Nesta escolha optou-se por selecionar períodos de tempo situados nos meses mais frios e nos meses mais quentes. Desta forma, pretende-se abranger uma maior área de análise com o objetivo de verificar todas as situações vividas no decorrer de um ano.

A seguir é apresentada a análise das duas semanas do período de aulas. Comparando a Figura 3.8, referente à terceira semana de dezembro, com a Figura 3.9, referente à segunda semana de abril, podemos ver que existe um aumento do consumo energético. Este fator deve-se ao facto do mês de dezembro ser um mês da estação de inverno, mês este mais frio, o que obriga ao uso mais intensivo de aparelhos de aquecimento resistivo, uma vez que o sistema de climatização não se encontra operacional. Daí um aumento considerável do consumo energético entre as semanas em comparação.

Na Figura 3.9 é mostrado o diagrama de carga da segunda semana de abril, semana do período de aulas, onde facilmente é visualizado que, com o passar dos anos, o consumo energético

tem vindo a diminuir, tal como anteriormente já tinha sido referido. Neste diagrama também é facilmente observável um consumo quase idêntico nos cinco dias úteis da semana, verificando-se apenas um ligeiro consumo nos dois dias não úteis da mesma.

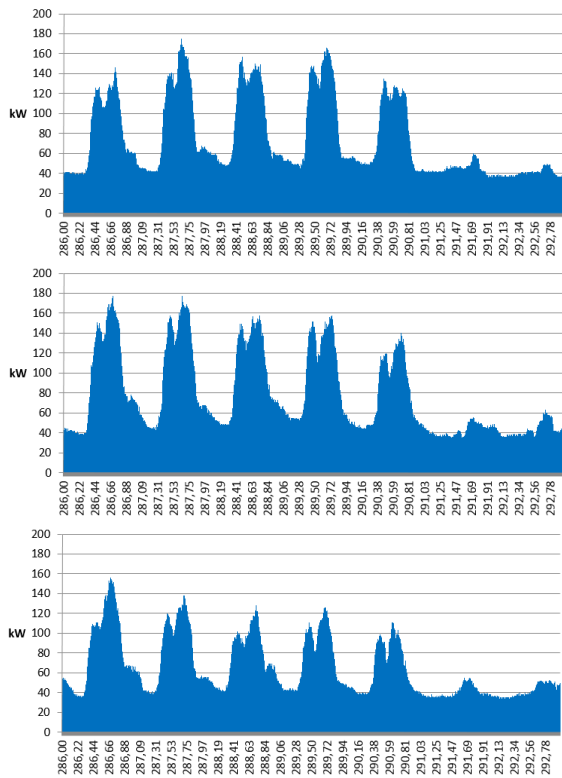


Figura 3.8. Diagramas de Carga da terceira semana de dezembro de 2013, 2014 e 2015

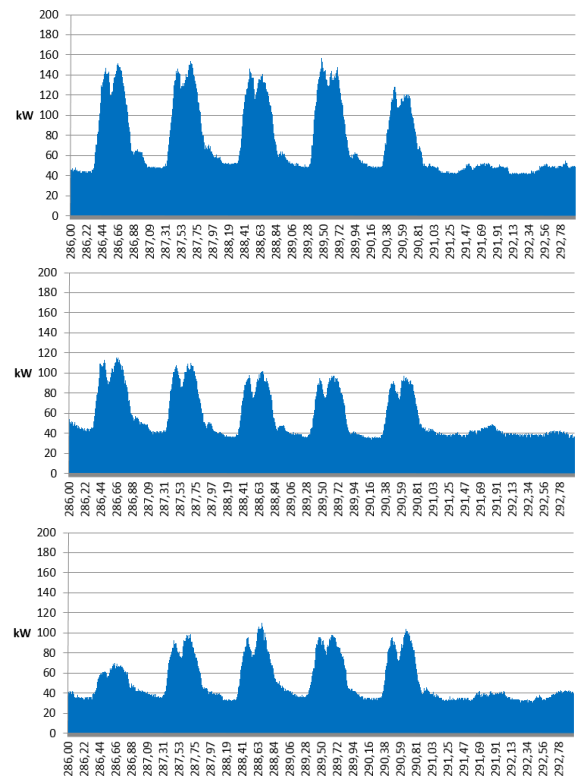


Figura 3.9. Diagramas de Carga da segunda semana de abril de 2013, 2014 e 2015

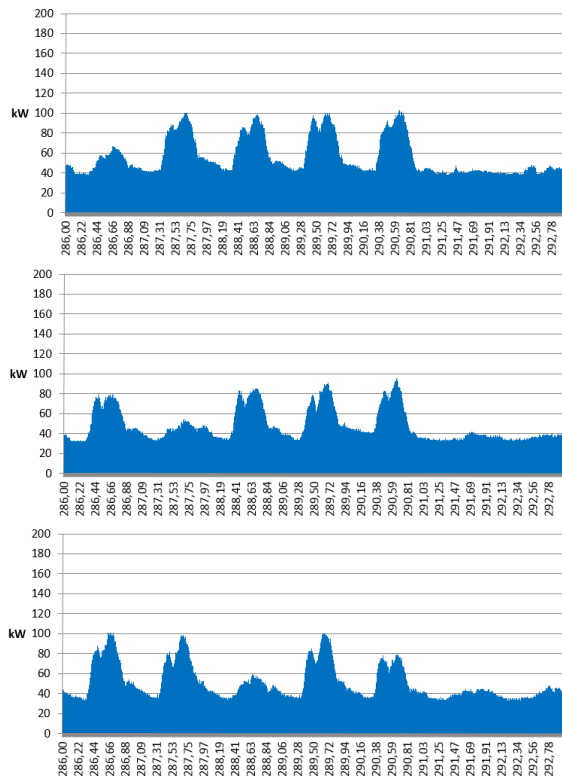


Figura 3.10. Diagramas de Carga da segunda semana de junho de 2013, 2014 e 2015

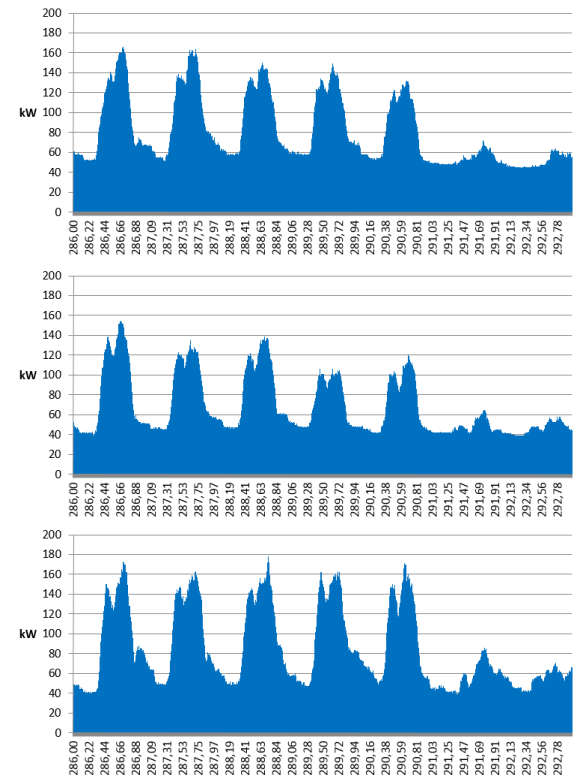


Figura 3.11. Diagramas de Carga da segunda semana de janeiro de 2013, 2014 e 2015

Na Figura 3.10 e na Figura 3.11 é apresentada a análise das duas semanas do período de exames. Da análise dos diagramas podemos ver que, durante os dias úteis não existe uma semelhança no consumo, tal como se observou nos diagramas das semanas do período de aulas. Estas duas semanas representadas encontram-se no período de exames, do primeiro e do segundo semestre, respetivamente. Consegue-se visualizar também que, da Figura 3.11 para a Figura 3.10, existe uma diminuição significativa no consumo energético, uma vez que uma semana encontra-se na estação mais fria e a outra na estação mais quente.

Na Tabela 3.6 pode ver-se o que anteriormente foi dito em relação ao consumo energético e podem igualmente ser visualizados alguns indicadores energéticos das referidas semanas em análise.

Tabela 3.6. Indicadores de Consumo de semanas típicas e atípicas

		Ano	Pot.Max	Pot.Min	Pot.Méd	UP	FC	FV	Cons.
Semana Típica	Abril 2º Semana	2013	157,00	41,00	74,76	80,00	0,48	0,26	12.559,75
		2014	115,00	34,00	57,75	84,37	0,50	0,30	9.702,50
		2015	110,00	31,00	52,32	79,91	0,48	0,28	8.789,75
	Dezembro 3º Semana	2013	175,00	36,00	74,66	71,67	0,43	0,21	12.542,50
		2014	177,00	35,00	78,67	74,67	0,44	0,20	13.216,25
		2015	156,00	34,00	65,66	70,71	0,42	0,22	11.031,25
Semana Atípica	Janeiro 2º Semana	2013	166,00	44,00	80,94	81,91	0,49	0,27	13.597,5
		2014	155,00	39,00	68,99	74,77	0,45	0,25	11.589,75
		2015	178,00	39,00	85,39	80,59	0,48	0,22	14.345,00
	Junho 2º Semana	2013	103,00	38,00	56,39	91,97	0,55	0,37	9.473,00
		2014	96,00	32,00	48,37	84,64	0,50	0,33	8.125,75
		2015	101,00	33,00	51,33	85,39	0,51	0,33	8.624,00

3.3.4 Sazonalidade

Com o objetivo de aumentar a eficiência na utilização de energia elétrica, a análise de sazonalidade apresenta um valor extremamente relevante, devido ao facto de permitir verificar os períodos de maior consumo energético.

Graças a tal importância são apresentados, de seguida, o diagrama de sazonalidade dos anos em estudo: 2013, 2014 e 2015.

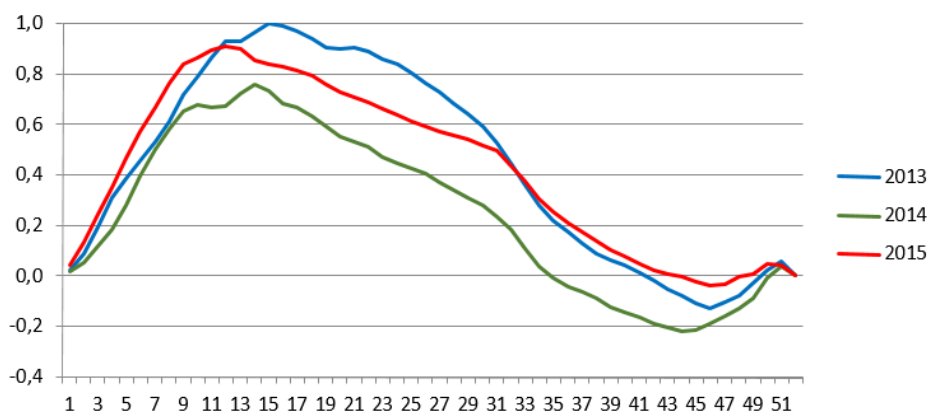


Figura 3.12. Diagrama de Sazonalidade do DEEC

Para elaborar o diagrama de sazonalidade começou-se por calcular a média semanal das 52 semanas do ano. Após estes cálculos é efetuada a média anual e posteriormente efetua-se a diferença entre a média anual e a média semanal das 52 semanas do ano, calculando-se o máximo verificado por ano. De seguida é calculada a soma acumulada de todas as parcelas das 52 semanas. Por último é efetuada a divisão da soma acumulada pelo máximo verificado por ano.

Neste tipo de gráficos a análise do declive revela primordial importância. Se o declive for positivo, indica que o consumo energético está a aumentar enquanto que, se o declive for negativo, indica que o consumo energético está a diminuir. Assim, tal como anteriormente já tinha sido referenciado, os meses mais frios, associados à estação de inverno, apresentam um consumo energético mais acentuado. Tal facto pode ser visualizado nas primeiras 13 semanas do ano, período correspondente aos meses de janeiro, fevereiro, março e abril, e também pode ser visualizado nas últimas semanas do ano, período correspondente aos meses de novembro e dezembro. O crescimento acentuado nas primeiras 13 semanas justifica-se pelo facto do consumo semanal ser muito superior ao consumo médio semanal anual.

Da análise da Figura 3.12 é visível que, a passagem da estação mais fria para a estação mais quente, no ano de 2014, sucede mais cedo do que no ano de 2013, devido às condições meteorológicas.

Desta análise podemos reter que será importante que seja criada uma MRE que leve à redução do consumo nos meses tipicamente mais frios, por serem meses onde os consumos energéticos são mais elevados.

3.4. Desagregação de Consumos Energéticos

3.4.1 Desagregação de Consumo

Depois de uma análise às faturas do comercializador de energia e à telecontagem do edifício em estudo, deparamo-nos com a necessidade de realizar uma desagregação do consumo por torre (R, S, T, A e B), para determinar os locais do edifício com maior consumo energético.

Através da plataforma MeWaGo (Measurement of Electricity, Water, Gas & Others), desenvolvida pela empresa Streamline, obtivemos os consumos da instalação em estudo, sendo os mesmos utilizados na análise do consumo por torre [14].

A Figura 3.13 apresenta o consumo do edifício em estudo desagregado por torre. Através deste gráfico conseguimos identificar as torres e respetivos blocos associados com maior influência no consumo energético, a saber: as torres R, S e T. Face ao exposto decidiu-se, em primeira instância, fazer um estudo minucioso do consumo energético nestas torres e realizar uma caracterização, o mais completa possível, destes espaços.

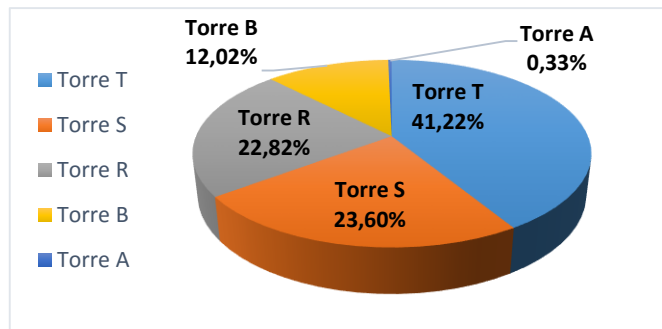


Figura 3.13. Consumo do DEEC desagregado por torre de 01/12/2014 a 07/12/2014

3.4.1.1. Caracterização das Torres com maior influência no Consumo

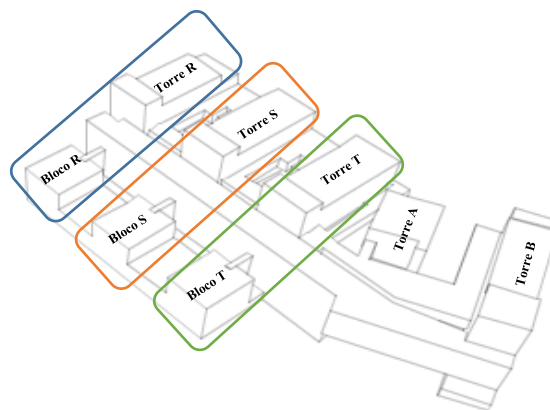


Figura 3.14. Estrutura do DEEC

As torres R, S e T e respetivos blocos associados, com maior influência no consumo energético podem, ainda, ser divididas em torres mais vocacionadas para o ensino: é o caso das torres T e S, e a torre R mais vocacionada para a investigação.

A torre T é um espaço caracterizado por uma ocupação, na sua maioria, de salas de aula, embora existam também outros espaços como gabinetes do corpo docente, laboratórios de investigação e didáticos e serviços administrativos.

A torre S é um espaço constituído principalmente por laboratórios didáticos, embora também possua alguns laboratórios de investigação, gabinetes do corpo docente, reprografia, sala de convívio, núcleo de estudantes e o clube de robótica.

A torre R é um espaço que se destina, na sua maioria, a laboratórios de investigação de dimensões elevadas, embora existam também alguns laboratórios didáticos, gabinetes do corpo docente e ainda uma sala de frequências.

3.4.1.2. Desagregação do Consumo por piso

Analisando as atividades do espaço envolvente do edifício em estudo, conseguiu-se chegar à conclusão de quais os pisos onde existem maiores consumos energéticos, pelo que necessitam

de uma maior intervenção e atenção.

Após esta etapa, deveriam ser instalados aparelhos de monitorização, por pisos, nas torres, para a obtenção de monitorizações de pontos-chave da instalação em estudo. Uma vez que não existem equipamentos em número suficiente para todos os alunos a realizar dissertações no corrente semestre, optou-se por usar dados já recolhidos anteriormente para o estudo do edifício na elaboração da dissertação Plano de Racionalização do Consumo de Energia de um edifício do Pólo II - Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores.

Optou-se apenas por monitorizar as torres R e T, torres com maior consumo, uma vez que a torre S é um espaço que se destina, na sua maioria, à lecionação de aulas de laboratórios, onde a iluminação dos espaços e o uso de equipamentos didáticos são indispensáveis ao funcionamento normal das instalações [13]. Mesmo assim, deu-se primordial importância ao Laboratório Multidisciplinar, local este com elevadas dimensões e com uma potência instalada também elevada.

As monitorizações foram planeadas para a duração de uma semana, com 5 dias úteis e 2 dias não úteis, com intervalos de integração de 15 minutos [13].

a) Monitorizações à torre R [13]:

Através das monitorizações realizadas à torre R obtiveram-se os seguintes resultados:

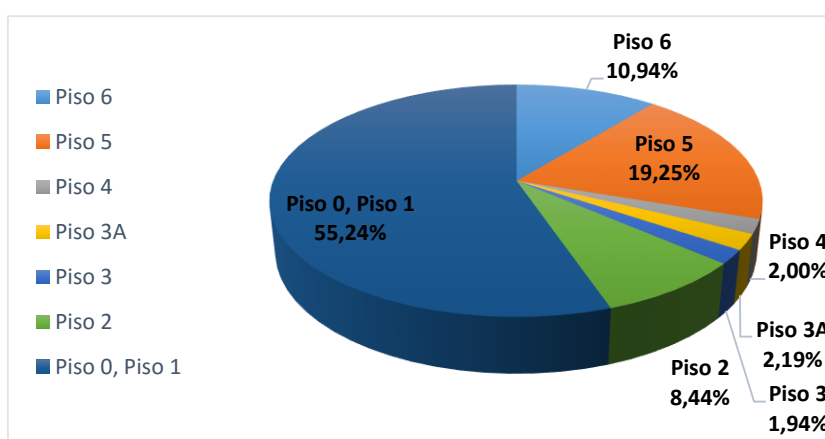


Figura 3.15. Consumos percentuais da torre R de 24/11/2014 a 30/11/2014

Da análise do gráfico da Figura 3.15 podemos concluir que o piso 0 e o piso 1 são os que apresentam maior consumo energético, seguindo-se os pisos 2, 5 e 6.

Uma vez que os pisos 0, 1 e 2 estão as instalações do Instituto de Telecomunicações e do Instituto de Sistemas de Robótica, não foram pensadas quaisquer MRE, uma vez que as intervenções nesses pisos teriam de ser coordenadas com os responsáveis dos institutos. Por esta razão optou-se apenas pela intervenção nos pisos 4, 5 e 6.

b) Monitorizações à torre T [13]:

Através das monitorizações realizadas à torre T obtiveram-se os seguintes resultados:

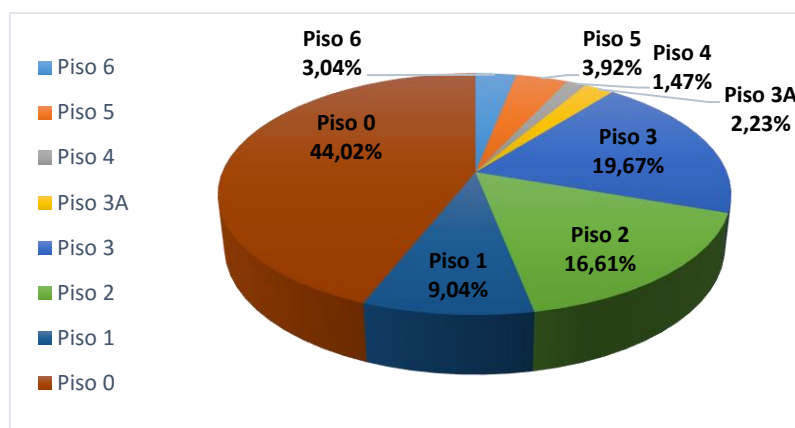


Figura 3.16. Consumos percentuais da torre T de 01/12/2014 a 07/12/2014

Através da Figura 3.16 podemos concluir que os pisos 0, 1, 2 e 3 são os que apresentam maior consumo energético.

Tal como na situação da torre R, as MRE apenas foram elaboradas para os pisos superiores ao primeiro.

3.4.2 Estudo do Ano de Referência

3.4.2.1. Consumos

Para obter o consumo energético anual de uma instalação, com a finalidade de identificar a categoria e o modo de gestão do PReN, terão de se converter todos os valores energéticos do edifício na unidade tep. Para isso são usados os fatores de conversão que se encontram no Despacho n.º17313/2008, de 26 de junho, nomeadamente o fator de conversão usado para converter kWh nas unidades tep, apresentado na seguinte expressão (5) [15]:

$$1 \text{ kWh} = 215 \times 10^{-6} \text{ tep} \quad (5)$$

Tabela 3.7. Consumo do ano de referência

Mês	kWh	tep
Janeiro	52.493	11,29
Fevereiro	62.958	13,54
Março	43.654	9,39
Abril	42.508	9,14
Mai	36.849	7,92
Junho	39.213	8,43
Julho	36.041	7,75
Agosto	33.187	7,14
Setembro	37.610	8,09
Outubro	39.098	8,41
Novembro	47.285	10,17
Dezembro	51.796	11,14
TOTAL	522.693	112,38

Na tabela anterior são apresentados os valores energéticos na unidade tep para os diferentes meses do ano de referência, onde é visível que o consumo anual é muito inferior aos 500 tep, meta imposta para que uma instalação seja considerada instalação CIE. Apesar disso a direção do DEEC manifestou interesse em seguir as normas impostas na elaboração de um PREn para uma instalação com consumo entre 500 tep a 1000 tep, obrigando a um período de aplicação do PREn de 8 anos.

3.4.2.2. Indicadores Energéticos

Através dos indicadores energéticos, IC e CEE são estabelecidas as metas desejadas e é também verificada a evolução do PREn no decorrer do tempo de vigência.

O CEE para o ano de referência é calculado a partir da equação 4. Tendo em conta consumo total de energia de 112,38 tep e a área do edifício em estudo (17613 m²), obtemos um CEE de 6,381 kgep/m².

A IC para o ano de referência é calculada com base na equação 2. Para isso, foi considerado o fator de emissão relativo à eletricidade de 0,47 kgCO₂/kWh, valor de acordo com o Despacho n.º 17313/2008 de 15 de abril [15]. Para obter o indicador energético foi determinado o valor das emissões de GEE, através do consumo energético do ano de referência de 522693 kWh e o fator de emissão relativo à eletricidade, obtendo um valor de 245666 kgCO₂. Posteriormente foi calculado o indicador energético, tendo sido obtido uma IC de 2186,03 kgCO₂/tep.

Para este indicador energético não existe qualquer meta de redução durante o período de tempo de implementação do PREn, apenas deverá garantir-se, no mínimo, a manutenção dos valores históricos.

3.4.3 Metas de redução do consumo específico de energia durante o período de implementação do PREn

De acordo com as exigências impostas pelo SGCIE, relativamente às instalações com um consumo superior a 500 tep e inferior a 1000 tep é necessário calcular as metas de redução do consumo específico de energia, tendo em conta que se tem de obter 4% de redução no final do período de 8 anos de implementação do PREn.

Assim o CEE, no final da realização do PREn deverá ser de 6,126 kgep/m², do qual resulta uma redução de 0,255 kgep/m², ao fim dos 8 anos de implementação do PREn e uma redução de consumo equivalente a 4491,32 kgep. Relativamente ao consumo expresso em kWh teremos de reduzir os 4% dos 112,38 tep no consumo do ano de referência, obtendo assim um consumo de 107,885 tep e perfazendo, no final do PREn, uma redução de 20907 kWh.

Na tabela abaixo podem visualizar-se as metas de redução dos consumos específicos de

energia anuais nos respectivos anos de vigência do PREn.

Tabela 3.8. Metas de redução dos CEE anuais

Ano	CEE (kgep/m ²)	Redução Acumulada do CEE (kgep/m ²)	Poupança Anual (kWh)
Ano Ref.	6,381	0,000	0
1	6,349	0,032	2.613
2	6,317	0,064	5.227
3	6,285	0,096	7.840
4	6,254	0,128	10.454
5	6,222	0,159	13.067
6	6,190	0,191	15.680
7	6,158	0,223	18.294
8	6,126	0,255	20.907

De forma a que se consigam atingir todas as metas impostas no PREn necessitar-se-á de recorrer a uma entidade devidamente habilitada para a elaboração dos relatórios de execução e progresso, tendo em conta os indicadores definidos no plano de racionalização de consumos de energia.

4. Plano de Racionalização de Consumo de Energia

4.1. Definição do Plano

O PREn tem como objetivo apresentar medidas viáveis para permitir a melhoria da eficiência energética no edifício em estudo. Para isso foram utilizados os dados das faturas do comercializador energético, de telecontagem e de variadas monitorizações, apresentadas no capítulo 3 desta dissertação.

A estrutura do PREn segue o disposto no Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de abril, o que ao definir o “Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia”, define também os “Planos de Racionalização de Consumo de Energia” e a sua execução. Devido a tal facto, torna-se um documento essencial para a elaboração deste capítulo.

A estrutura do plano de racionalização de consumo de energia também teve em conta o último PREn realizado ao edifício em estudo, Plano de Racionalização do Consumo de Energia de um edifício do Pólo II - Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores [13].

Considera-se como ano de referência para o PREn, o ano civil anterior à data de realização, neste caso concreto o ano de 2014 [10].

4.2. Caracterização do Edifício em Estudo

A caracterização do edifício, a sua estrutura, o estudo referente à análise de faturas do comercializador energético e o estudo referente à análise de telecontagem encontram-se no terceiro capítulo desta dissertação. Neste encontra-se uma caracterização completa da estrutura do edifício, situação contratual, tarifário, consumos de energia ativa e custos ao longo dos três anos de estudo (2013, 2014, 2015). Além disto, também no terceiro capítulo desta dissertação, encontram-se algumas monitorizações que permitem consolidar toda a caracterização do edifício em estudo.

4.3. Medidas de Racionalização de Energia

Um dos pontos chave durante a fase de elaboração das medidas é a determinação do período de retorno do investimento (PRI). Desta maneira consegue-se uma calendarização das medidas a aplicar durante o período de vigência do plano, estruturando assim o plano de implementação do PREn.

Apresentam-se, a seguir, todas as medidas de racionalização de energia identificadas para o edifício em estudo:

1. Instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B e otimização da iluminação;
2. Desagregação do circuito de iluminação de:
 - 2.1. Laboratório de Gestão de Energia (LGE);
 - 2.2. Laboratório de Eletrónica de Potência (LEP);
 - 2.3. Laboratório de Sistemas Eletromecânicos (LSE);
 - 2.4. Laboratório Multidisciplinar;
 - 2.5. Laboratório de Sistemas e Redes de Computadores (LSRC);
 - 2.6. Laboratório de Sistemas Digitais (LSD);
 - 2.7. Corredor ao lado do Bar;
 - 2.8. Corredor dos gabinetes do piso 3;
 - 2.9. Escadas das torres R, S e T.
3. Substituição da tecnologia de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1;
4. Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos;
5. Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores;
6. Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação.

4.3.1 Instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B e otimização da iluminação

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge pelo facto de estarmos perante um espaço com elevadas dimensões e com uma potência instalada em iluminação elevada. Existe, ainda, um fator mais importante que consiste na iluminação ficar ligada quando não existe qualquer utilizador no espaço, levando a grandes desperdícios de energia.

As principais vantagens da implementação desta medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

O espaço em estudo tem uma área total de aproximadamente 350 m², com uma potência total instalada em iluminação de 1218 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto duplas com lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) de 18 W com balastros de 3 W.

A iluminação encontra-se distribuída por quatro zonas distintas, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

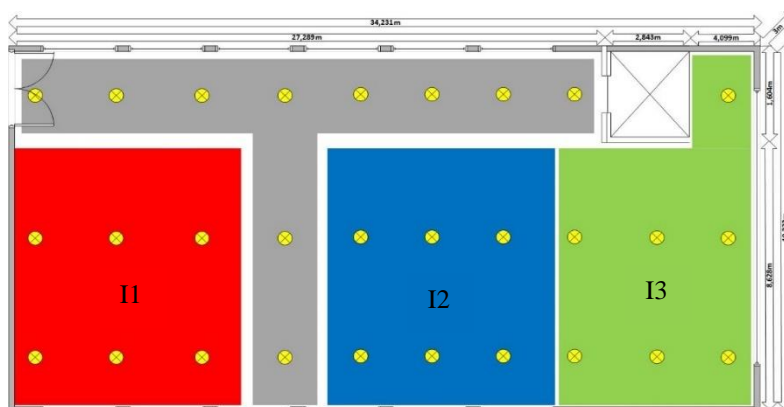


Figura 4.1. Zonas de iluminação do espaço em estudo

O principal problema do sistema de iluminação implementado advém de não existir capacidade para se desligar de forma automática. Deste modo, muitas vezes, as luminárias ficam ligadas ininterruptamente, originando desperdícios enormes de energia.

A solução corretiva para evitar que a iluminação fique ligada ininterruptamente passa pela instalação de detetores de movimento com temporização, em locais apropriados. Desta forma consegue-se desligar a iluminação, caso não haja ocupantes no espaço, evitando assim grandes desperdícios energéticos. Deverão ser instalados cinco detetores de movimento com temporização no espaço em estudo. Na zona 1 deverá ser instalado um único sensor de movimento com uma temporização de 5 minutos, uma vez que é um espaço dedicado a trabalhos de grupo e de algum convívio para os utilizadores. Desta forma, o movimento quase constante por parte dos utilizadores, permite que a iluminação não se desligue na presença dos mesmos. Na zona 2 deverão ser implementados dois sensores de movimento com uma temporização de 15 minutos a funcionar, em modo paralelo, por forma a permitir detetar a ocupação da zona em questão, tentando evitar o desligar das luminárias na presença de utilizadores. Optou-se por uma temporização de 15 minutos em vez dos 5 minutos usados na zona 1, devido a ser um espaço onde não existe praticamente movimento, evitando assim o desligar das luminárias na presença de utilizadores. Na zona 3 deverá ser replicado o processo da zona 2.

Uma vez que o espaço é destinado a sala de estudo deveria existir um nível de iluminação ou iluminância de 300 lux. Através da ferramenta Dialux simulou-se o espaço em estudo, por forma a estudar possíveis melhorias na iluminação.

O cenário de referência de iluminação do espaço é apresentado na Figura 4.2. Como se pode ver o nível de iluminação é mais baixo do que o aconselhado para um espaço de estudo, apresentando um nível médio de intensidade luminosa de apenas 79,4 lux. Daí optar-se por alterar as lâmpadas das zonas 1, 2 e 3, por lâmpadas LED de 25 W com 2900 lm. Desta forma consegue-se aumentar o nível de iluminação do espaço para 123 lux. Tal facto pode ser visualizado na Figura 4.3. Com esta solução, consegue-se obter pontos em que o nível de iluminação do espaço atinge 210 lux. Daí que futuramente, dever-se-à aumentar o número de pontos de luz por forma a obter uma intensidade luminosa de 300 lux, recomendada para um espaço de estudo.

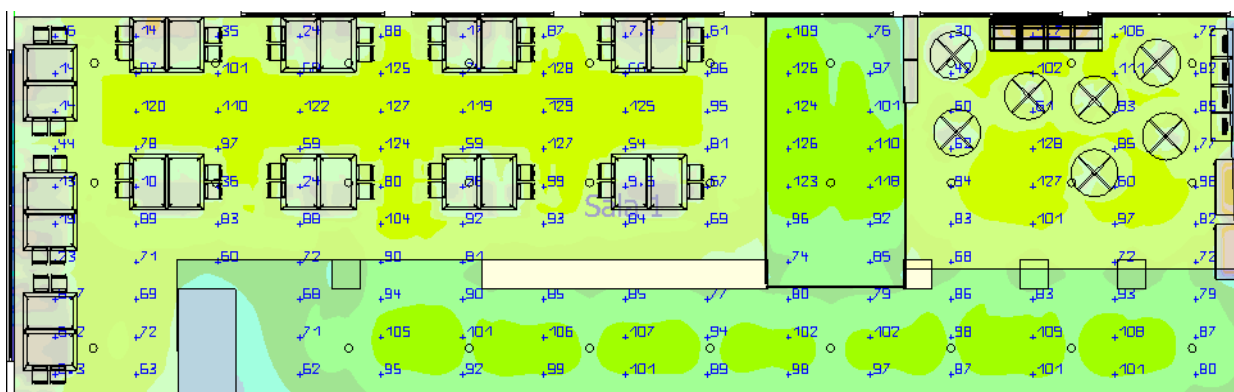


Figura 4.2. Simulação em Dialux do cenário de referência

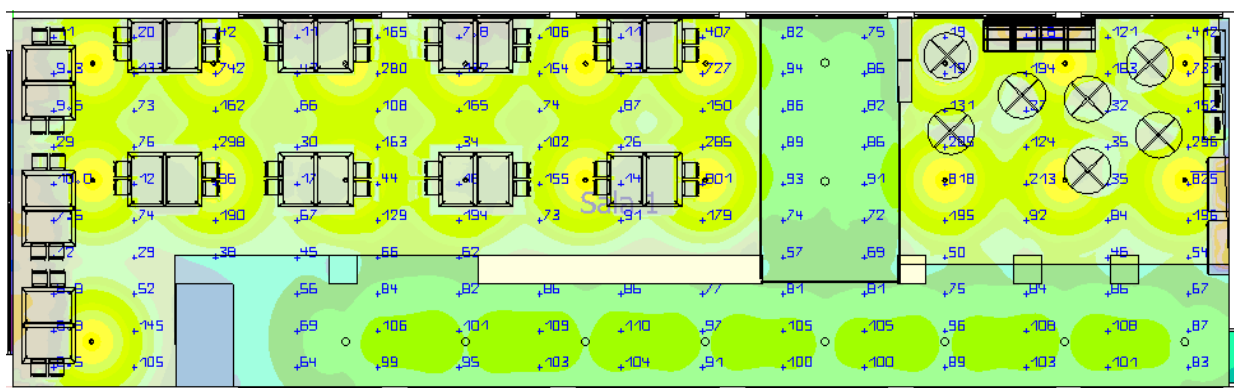


Figura 4.3. Simulação em Dialux do novo cenário luminoso

Na tabela abaixo é apresentado um quadro de comparações de intensidade luminosa para o cenário de referência e o novo cenário luminoso.

Tabela 4.1. Quadro de comparações de intensidade luminosa

	Cenário de Referência			Novo Cenário Luminoso		
	Geral	Zona 1	Zona 2 e 3	Geral	Zona 1	Zona 2 e 3
Densidade de luminância (cd/m ²)	1,15	-	-	1,79	-	-
Potência luminosa vertical (lux)	79,4	93,8	109	123	194	210
Potência luminosa horizontal (lux)	79,5	92,2	106	121	189	169

Com a implementação destas duas medidas, consegue-se evitar os desperdícios de energia na sequência das luminárias ficarem ligadas quando não existe qualquer ocupante no espaço e

ainda melhorar o nível de iluminação do espaço por forma a garantir um melhor conforto para os ocupantes do mesmo. Como se trata de uma medida de prevenção em que não se consegue estimar, com rigor, as poupanças resultantes da implementação da MRE optou-se por não elaborar nenhum plano de M&V. Mesmo assim pode-se estimar uma poupança de 323 W para o espaço, uma vez que com a alteração das luminárias da zona 1, 2 e 3 consegue-se baixar a potência total instalada para 895 W. O documento estruturado de aplicação da MRE encontra-se no apêndice D, secção 1.

4.3.2 Desagregação do circuito de iluminação dos Laboratórios: LGE, LEP, LSE, Multidisciplinar, LSRC e LSD

A medida tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge porque estamos perante um espaço com elevadas dimensões, com potência instalada em iluminação bastante elevada e com um número de horas de funcionamento semanal igualmente elevado. As principais vantagens com a implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

Esta medida foi a opção escolhida para ser implementada nos laboratórios LGE, LEP, LSE, Multidisciplinar, LSRC e LSD.

Como a iluminação apenas pode ser controlada por dois disjuntores impossibilita que haja uma regulação, segundo a localização da ocupação do espaço, permitindo apenas o controlo de duas zonas distintas. Esta solução provoca grandes desperdícios de energia. A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pela criação de quatro zonas distintas (Z1, Z2, Z3 e Z4), com a atribuição de um interruptor modular a cada uma delas (I1, I2, I3 e I4). Para tal é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação para um conjunto de quatro interruptores modulares.

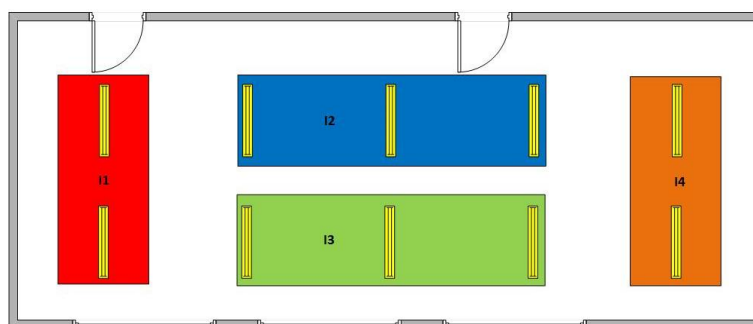


Figura 4.4. Zonas de iluminação após aplicação da MRE no LGE

Nos laboratórios LSRC e LSD o controlo da iluminação passa pela criação de três zonas distintas em vez das quatro zonas distintas a implementar nos laboratórios anteriormente referidos.

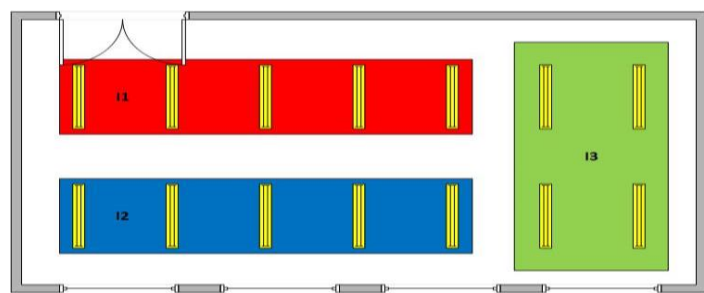


Figura 4.5. Zonas de iluminação após aplicação da MRE no LSD

Optou-se pela criação das quatro zonas distintas nos laboratórios LGE, LEP, LSE e Multidisciplinar, devido a criar uma divisão da iluminação que permita um uso mais racional da iluminação, evitando desperdícios energéticos. Nos laboratórios LSRC e LSD optou-se por apenas três zonas distintas, uma vez que, a zona 3 é uma zona de arrumos, zona pouco utilizada. Daí não se optar por dividir em duas zonas distintas, criando assim uma única zona.

Além disto, foram ainda calculadas duas opções que poderão implementar-se, no LGE, LEP, LSE e Laboratório Multidisciplinar, com vista a uma maior otimização energética do espaço. A primeira consiste na substituição da tipologia de iluminação nas zonas mais usadas do espaço em estudo, por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W. A segunda consiste na substituição de toda a tipologia de iluminação por luminárias de teto duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W.

Na tabela abaixo é apresentado um quadro resumo com os custos de implementação da MRE para os diferentes espaços em estudo, a poupança anual, a poupança no final do período de concretização do PREn e o período de retorno do investimento.

Tabela 4.2. Quadro resumo das MRE a implementar

Nº da MRE	Espaço em Estudo	Custo de implementação da MRE	Alteração da Tipologia de Iluminação	Poupança Anual		Poupança no final do PREn		PRI
				kWh	€	kWh	€	
2.1	LGE	318,70 €	Sim	1.293	187 €	10.344	1.495 €	1 ano e 9 meses
2.2	LEP	572,40 €	Sim	2.343	339 €	18.744	2.709 €	1 ano e 9 meses
2.3	LSE	512,40 €	Sim	2.089	302 €	16.711	2.416 €	1 ano e 9 meses
2.4	Mult.	18,70 €	Não	153	18 €	1.226	144 €	1 ano e 1 mês
2.5	LSRC	17,45 €	Não	229	33 €	1.835	263 €	7 meses
2.6	LSD	17,45 €	Não	329	46 €	2.632	372 €	5 meses

O plano M&V passará pelo preenchimento de um inquérito por parte das pessoas a frequentar os espaços em estudo. Após o período de reporte em que será preenchido o inquérito, deve proceder-se ao preenchimento da folha de cálculo pré-formatada, onde deve ser introduzidos os dados que constam na folha do inquérito. Posteriormente à introdução dos dados é necessário fazer a separação das horas de ocupação dos registos pelos diversos períodos horários. Com as etapas anteriormente realizadas será possível obter o número de horas total de ocupação do espaço e o custo associado à faturação de energia elétrica, sendo ainda possível comparar estes dados com

os valores de referência estimados na preparação da MRE.

Os documentos estruturados de aplicação da MRE no LGE, LEP, LSE, Laboratório Multidisciplinar, LSRC e LSD encontram-se no apêndice D, secção 2, 3, 4, 5, 6 e 7 respetivamente.

4.3.3 Desagregação do circuito de iluminação do corredor dos gabinetes do piso 3 e do corredor ao lado do bar

A medida tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. Surge pelo facto de existirem desperdícios de energia que poderão ser evitados com o seccionamento do circuito de iluminação.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

Através da inspeção do local em estudo chega-se à conclusão que, devido à existência de um único circuito de iluminação que abrange o corredor dos gabinetes do piso 3 e o corredor de acesso ao Laboratório de Gestão de Energia, há grandes desperdícios de energia, uma vez que, iluminar o acesso ao LGE, local sem luz natural, implica iluminar todo o corredor de acesso aos gabinetes do piso 3, piso este que tem luz natural durante o dia. O mesmo acontece com o único circuito de iluminação que, abrange o corredor ao lado do bar e o espaço de acesso às casas de banho.

A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pelo seccionamento do único circuito de iluminação.

Na primeira situação, separando as luminárias do corredor de acesso ao LGE, que passariam a ser controladas por um detetor de movimento, das luminárias do corredor dos gabinetes do piso 3, que passariam a ligar consoante o horário estipulado pelo autómato do edifício. Na segunda situação, separando as luminárias do corredor ao lado do bar, que passariam a ligar consoante o horário estipulado pelo autómato do edifício, das luminárias de acesso às casas de banho, que passariam a ser controladas por um detetor de movimento.

Na tabela abaixo é apresentado um quadro resumo com os custos de implementação da MRE para os diferentes espaços em estudo, a poupança anual, a poupança no final do período de concretização do PREn e o período de retorno do investimento.

Tabela 4.3. Quadro resumo das MRE a implementar

Nº da MRE	Espaço em Estudo	Custo de implementação da MRE	Alteração da Tipologia de Iluminação	Poupança Anual		Poupança no final do PREn		PRI
				kWh	€	kWh	€	
2.7	Corredor ao lado do bar	23,70 €	Não	390	54€	3.117	434 €	6 meses
2.8	Piso 3-LGE	23,70 €	Não	1.133	158 €	9.066	1.263 €	2 meses

Na elaboração do plano M&V terá que efetuar-se o cálculo da média dos valores instantâneos de potência dos circuitos de iluminação, medidos ao longo de um dia. Após isso, terá de se multiplicar tal valor pelo número de horas de funcionamento diário, obtendo-se, desta forma, o consumo de energia diário dos circuitos. Para calcular o consumo anual basta multiplicar o valor anteriormente obtido pelo número de dias de um ano.

Os custos associados de energia deverão ser obtidos com a divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação energética. 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 autômato, que vai desde as 00:00 às 24:00, todos os dias do ano.

Deverá realizar-se o raciocínio anteriormente executado para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos meses do período legal de inverno e do período legal de verão, que apresentam preços energéticos distintos.

Os documentos estruturados de aplicação da MRE no corredor ao lado do bar e no circuito de iluminação do corredor dos gabinetes do piso 3 encontram-se no apêndices D, secção 8 e 9 respetivamente.

4.3.4 Desagregação do circuito de iluminação das escadas das torres R, S e T

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e otimizar a eficiência energética dos sistemas de iluminação das escadas das torres R, S e T do edifício. Isto surge por existirem grandes desperdícios de energia em iluminação, uma vez que se encontra ligada durante as 24 horas diárias, devido à inexistência de iluminação natural abaixo do piso 2.

A implementação desta medida, com a separação entre pisos inferiores (piso 0, 1 e 2) e pisos superiores (pisos 3, 3A, 4, 5 e 6), irá permitir que a iluminação dos pisos superiores passe a ser controlada pelo autômato do edifício, levando a uma redução drástica do número de horas de funcionamento e minorando os desperdícios de energia.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

A iluminação de circulação da torre encontra-se agregada em dois circuitos, o circuito das luminárias de patamar e o circuito de luminárias de lance de escadas. A solução corretiva 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. Desta maneira será possível iluminar os pisos inferiores durante todo 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. Para tal é necessário criar um novo circuito que alimente os pisos inferiores, que ficarão ligados 24 sobre 24 horas. O circuito de iluminação das luminárias entre pisos passa a ser controlado pelo autómato tal como as luminárias de patamar dos pisos superiores.

Para além das alterações mencionadas anteriormente optou-se, ainda, pela substituição da tipologia das luminárias de patamar dos pisos inferiores das três torres, por luminárias LED T8 G13 de 18 W, e ainda a substituição da luminária de teto do último andar de cada torre pela luminária LED T8 G13 de 18 W, devido ao inconveniente associado à mudança da luminária quando esta avaria.

Aplicando a MRE obtemos uma poupança anual de 1359 €. No final do PReN iremos obter uma poupança de 106110 kWh equivalente a 10870 €. Como o investimento inicial por torre é de 91,46 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 3 meses.

O plano M&V será realizado com base na informação dos relatórios mensais das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação, de onde será retirado o número de horas de funcionamento das luminárias de patamar e das luminárias entre pisos. Uma vez que as luminárias de patamar dos pisos superiores e as luminárias entre pisos são controladas por autómato, estas apresentaram o mesmo período 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 de funcionamento anual de cada circuito de iluminação. Com estes valores e com o conhecimento da potência instalada será possível chegar ao valor da energia consumida por cada circuito, tal como se exemplifica na tabela abaixo.

Tabela 4.4. Exemplo de energia consumida pelos circuitos de iluminação das torres

	Luminárias de patamar (Pisos Superiores)	Luminárias de patamar (Pisos Inferiores)	Luminárias entre pisos	Total (kWh)
Potência Instalada (kW)	0,744	0,180	0,570	3420,34
Nº de horas (h)	1403	8760	1403	
Energia consumida (kWh)	1043,83	1576,80	799,71	

No final dos cálculos será possível obter o valor do consumo global de energia originado pelos circuitos de iluminação das caixas de escadas das torres. Os custos associados de energia serão obtidos dividindo as horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação de energia.

O documento estruturado de aplicação da MRE encontra-se no apêndice D, secção 10.

4.3.5 Substituição da tecnologia de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e otimizar a eficiência energética dos sistemas de iluminação dos corredores dos pisos 0 e 1 do edifício. Isto surge pelo facto da iluminação se encontrar ligada durante as 24 horas diárias, devido à quase

inexistência de iluminação natural nos corredores, levando a consumos energéticos avultados. A implementação desta medida irá conduzir a significativas poupanças de energia elétrica.

As principais vantagens com a implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

A solução encontrada para reduzir os consumos com iluminação de circulação dos corredores passa pela substituição das luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W, com balastos de 11 W, por luminárias LED de 3,5 W. Assim, diminuiu-se a potência instalada em iluminação para 115,5 W, uma vez que no cenário de referência a potência instalada era de 1316 W. Com a implementação da MRE consegue-se reduzir os consumos associados às lâmpadas fluorescentes T8 e respetivos balastos ferromagnéticos que existem nas luminárias da tecnologia anteriormente instalada. Desta forma iluminam-se os corredores durante o mesmo período horário com consumos energéticos bastante mais baixos.

Com a implementação desta solução iremos obter uma poupança de 10488 kWh, equivalente a 1112 €. Como o investimento inicial é de 249,15 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 3 meses.

Na elaboração do plano M&V terá que efetuar-se o cálculo da média dos valores instantâneos de potência dos circuitos de iluminação dos corredores, medidos ao longo de um dia. Após isso, terá que se multiplicar tal valor pelo número de horas desse dia, obtendo-se, desta forma, o consumo de energia diário dos circuitos. Para calcular o consumo anual, basta multiplicar o valor anteriormente obtido pelo número de dias de um ano.

Os custos associados de energia serão obtidos com a divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação energética. 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 às 24:00, todos os dias do ano.

Deverá realizar-se o raciocínio anteriormente apresentado para todos os meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos meses do período legal de inverno e do período legal de verão, que apresentam preços energéticos distintos.

O documento estruturado de aplicação da MRE encontra-se no apêndice D, secção 11.

4.3.6 Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos

A MRE tem como principal objetivo reduzir o desperdício de energia elétrica originado pelo excessivo número horas de funcionamento dos aquecedores elétricos. A medida surge pelo facto de existir um aumento significativo do consumo de energia ativa nos meses tipicamente mais frios. As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético

e respetivos custos associados, redução dos desperdícios de energia em aquecimento e ainda adaptação do controlo dos aquecedores ao horário semanal de funcionamento local.

Durante a análise das faturas do comercializador de energia e a análise da telecontagem verificou-se que o consumo do edifício tem um aumento significativo nos meses tipicamente mais frios (janeiro, fevereiro, novembro e dezembro). Tal facto deve-se principalmente ao uso de aquecedores elétricos para colmatar a inoperacionalidade dos sistemas de climatização do edifício que se encontram avariados ou obsoletos.

A solução encontrada para tentar diminuir os desperdícios de energia encontrados consiste na implementação de duas medidas, com a mesma finalidade, mas com intuítos diferentes.

A primeira medida a implementar tem por base a aplicação de temporizadores programáveis digitais, com programação semanal, nos circuitos de alimentação dos aparelhos de aquecimento, em locais onde apresente um padrão regular de utilização. Estes dispositivos permitirão ligar e desligar aparelhos elétricos em horários pré-programados pelos utilizadores. Com uma programação semanal será possível regular o funcionamento dos aquecedores, segundo o horário de ocupação diário dos espaços ao longo da semana, evitando que os aparelhos permaneçam ligados, quando os espaços se encontram desocupados. Deverão ser instalados temporizadores programáveis nos gabinetes do edifício que usem aquecimento deste tipo e nos seguintes laboratórios que, apresentam horários de ocupação bem definidos: laboratório de automação, laboratório de controlo, laboratório de medidas e instrumentação e no laboratório de eletrónica.

A segunda medida a implementar tem por base a criação de um circuito dedicado, nas salas que foram identificadas durante a visita às instalações, apenas para a ligação de dispositivos de aquecimento. Tal circuito deverá ser identificado convenientemente no quadro elétrico do espaço, por forma a permitir uma maior facilidade de atuação por parte dos utilizadores. Os utilizadores dos espaços, quando vão desligar a iluminação no quadro elétrico da sala terão um interruptor que permitirá desligar todo o aquecimento do espaço, evitando desta forma, esquecimentos e diminuindo assim os desperdícios energéticos associados ao aquecimento elétrico. Deverão ser criados circuitos específicos para aquecimento no clube de robótica, no laboratório multidisciplinar e no LGE, tornando assim o desligar dos equipamentos mais acessível e mais “visível”, tentando desta forma evitar esquecimentos e evitar desperdícios.

Como se trata de uma medida de prevenção em que não se consegue estimar com rigor as poupanças resultantes da implementação da MRE, nem garantir o correto funcionamento dos temporizadores optou-se por não elaborar nenhum plano de M&V.

O documento estruturado de aplicação da MRE encontra-se no apêndice D, secção 12.

4.3.7 Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores

A MRE tem como principal 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. As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade dos elevadores e, com isso, uma redução das operações de manutenção.

A solução corretiva para desencorajar as pessoas a não utilizarem os elevadores reside na implementação de duas medidas, com a mesma finalidade mas com intuitos diferentes. A primeira medida, direcionada ao elevador da torre B, tem como objetivo desincentivar as pessoas a usar o elevador, uma vez que este, é muito utilizado por pessoas não pertencentes ao departamento em estudo. A medida a implementar passa por retardar o tempo de espera de chamada do elevador. A segunda medida a implementar passa pela sensibilização dos utilizadores do edifício através da afixação nas portas de entrada dos elevadores, a uma altura de 1,70 m do chão, de autocolantes como os que a seguir se apresentam.



Figura 4.6. Autocolante de ação de sensibilização

Após a implementação da MRE, estima-se que a poupança seja da ordem dos 10% do consumo total anual, ou seja uma poupança anual de 1233 kWh equivalente a 164 €. Como o investimento inicial é de 20,00 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 2 meses.

O plano M&V será implementado com recurso a monitorizações de potência e consumos de energia dos elevadores das torres, com a finalidade de se obter informação dos valores típicos de cada dia da semana. Desta maneira será possível quantificar a poupança, através dos valores adquiridos em comparação com o cenário de referência. Após esta etapa os custos energéticos associados deverão ser obtidos a partir da multiplicação da energia consumida pelos diferentes períodos horários de faturação energética.

O documento estruturado de aplicação da MRE encontra-se no apêndice D, secção 13.

4.3.8 Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação

A MRE tem como principal objetivo prevenir o desperdício de energia através da inspeção do correto posicionamento dos diversos interruptores de comutação do comando Manual/Automático dos circuitos de iluminação comandados pelo automático. As principais vantagens da implementação da medida são: redução dos desperdícios de energia em iluminação e menor desgaste dos equipamentos dos sistemas de iluminação.

Durante a visita às instalações, onde estão alojados os quadros elétricos dos sistemas de iluminação das torres, foram observadas irregularidades no posicionamento dos interruptores de alteração de comando. Na maioria dos casos, as irregularidades encontradas deviam-se ao facto de existirem interruptores de alteração de comando na posição Manual, deixando os circuitos de iluminação permanentemente ligados o que leva a enormes desperdícios de energia.

A solução corretiva para tentar solucionar este problema consiste em efetuar uma inspeção trimestral de todos os interruptores rotativos que controlam os circuitos de iluminação, para verificar a posição dos mesmos. Para tal dever-se-á ter em conta a consulta da folha de cálculo Guia_Int. que possui, discriminada, a posição correta de cada um dos interruptores rotativos.

Como se trata de uma medida de prevenção em que não se consegue estimar, com rigor, as poupanças resultantes da implementação da MRE optou-se por não elaborar plano de M&V.

O documento estruturado de aplicação da MRE encontra-se no apêndice D, secção 14.

4.4. Plano de Implementação

4.4.1 Cálculos energéticos e económicos

Na tabela abaixo é apresentada em forma de resumo, todas as MRE que foram implementadas e respetivas estimativas dos valores de poupanças energéticas e monetárias.

Tabela 4.5. MRE implementadas e respetivas estimativas de poupanças

MRE	Investimento (€)	Poupança		PRI (meses)
		Energética (kWh)	Monetária (€)	
1	537,20	-	-	-
2.1	318,70	1.293	187	21
2.2	572,40	2.343	339	21
2.3	512,40	2.089	302	21
2.4	18,70	153	18	13
2.5	17,45	229	33	7
2.6	17,45	329	46	5
2.7	23,70	390	54	6
2.8	23,70	1.133	158	2
2.9	91,46	13.264	1.359	3
3	249,15	10.488	1.112	3
4	-	-	-	-
5	20,00	1.233	164	2
6	-	-	-	-
TOTAL	2.402,31	32.944	3.772	

Assim, espera-se que o PREn permita atingir uma poupança anual a rondar os 32900 kWh, com uma poupança monetária associada de cerca de 3800 €.

4.4.2 Impacto das MRE nos índices energéticos do PREn

Na tabela abaixo é apresentado o impacto que cada medida terá na redução do consumo específico de energia anual e no final do período de vigência do PREn.

Tabela 4.6. Impacto de cada medida na redução do consumo específico de energia anual

MRE	Poupança (kWh)		Poupança (kgep)		CEE (kgep/m ²)
	Anual	8 Anos	Anual	8 Anos	
1	-	-	-	-	-
2.1	1.293	10.344	278	2.224	0,016
2.2	2.343	18.744	504	4.030	0,029
2.3	2.089	16.711	449	3.593	0,025
2.4	153	1.226	33	264	0,002
2.5	229	1.835	49	394	0,003
2.6	329	2.632	71	566	0,004
2.7	390	3.117	84	670	0,005
2.8	1.133	9.066	244	1.949	0,014
2.9	13.264	106.110	2.852	22.814	0,162
3	10.488	83.901	2.255	18.039	0,128
4	-	-	-	-	-
5	1.233	9.862	265	2.120	0,015
6	-	-	-	-	-
TOTAL	32.944	263.549	7.083	56.663	0,400

Dos resultados obtidos na tabela acima pode concluir-se que, face às metas de redução de CEE impostas para cumprir as regras regulamentadas a nível nacional, de 0,255 kgep/m² no final do período de realização do PREn, as expectativas de conclusão são positivas, dado que se espera superior às metas de redução de consumo específico.

As metas mínimas apontam para uma poupança anual de 20907 kWh e o plano estima uma poupança anual a rondar os 32900 kWh. Este PREn vai permitir reduzir o consumo em 6,3%, em vez dos 4% impostos pelas metas de redução.

4.4.3 Cronograma de implementação

O cronograma de implementação não é mais do que uma planificação da execução das MRE ao longo do período de vigência do PREn. Uma das principais razões para se realizar esta tarefa, para além da obrigatoriedade subjacente ao PRI é também a disponibilidade financeira para investir em todas as MRE no primeiro ano do período de vigência. Desta forma tem de se realizar um plano de investimento durante o PREn, sem que sejam postas em causa as metas propostas dos indicadores energéticos.

No caso concreto do PREn do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores verificou-se que as medidas a serem implementadas em primeiro lugar e o mais

rapidamente possível são a MRE 2.1, MRE 2.2, MRE 2.3 e MRE 2.4, uma vez que são as que têm um período de retorno de investimento superior a 1 ano. Todas as restantes medidas deverão ser também implementadas, o mais rapidamente possível, durante o ano de 2016, para que se comece a obter as margens de poupança esperadas para cada uma delas.

5. Conclusão

Devido ao panorama vivido em todo o planeta considera-se a primeira e mais importante fonte de energia a eficiência energética. É uma componente fulcral das políticas energéticas e do ambiente no planeta terra, uma vez que permite reduzir os consumos energéticos em diversas áreas, mantendo os mesmos serviços e reforçando, ainda, a competitividade da economia mundial e o cumprimento das metas estabelecidas no que se refere aos gases de efeito estufa.

Um dos principais custos de funcionamento dos edifícios de serviços está associado à fatura energética anual. Tais custos poderão ser reduzidos através da eficiência energética. Mesmo assim permanecem as barreiras organizacionais, financeiras e comportamentais, que se apresentam como entraves à redução de consumos, através de utilização de tecnologias mais eficientes.

A Universidade de Coimbra tem vindo a investir na área da eficiência energética, tentando alterar comportamentos por parte dos utilizadores dos espaços e incentivar a sua comunidade a desenvolver ideias que permitam obter um campus universitário o mais eficiente possível do ponto de vista energético.

No âmbito das razões anteriormente apresentadas elaborou-se, nesta dissertação, um plano de racionalização de consumos energéticos que permitirá que o edifício em estudo seja dotado de um manual de gestão de recursos, onde se apresentem as medidas de racionalização energéticas. Tais medidas irão conduzir a uma redução de consumos e aumentar a eficiência energética do edifício.

O consumo anual de energia elétrica no edifício em estudo apresenta um valor inferior a 500 tep, meta imposta para que uma instalação seja considerada instalação CIE. Mesmo assim, a direção do DEEC manifestou interesse em seguir as normas impostas na elaboração de um PReN para uma instalação com consumo entre 500 tep e 1000 tep, considerando a elaboração de um PReN para um período de aplicação de 8 anos. O consumo anual de energia elétrica é de 112,38 tep, originando, desta forma, um consumo específico de energia de 6,381 kgep/m², calculado com base no consumo anual de eletricidade do ano de referência e na área útil do espaço do edifício de 17613 m².

Por forma a diminuir o CEE foram identificadas catorze medidas de racionalização de ener-

gia no decorrer da familiarização com as instalações em estudo e, posteriormente, com um estudo mais aprofundado, através da análise de faturas energéticas, análise de telecontagem e da monitorização de consumos energéticos. Na tabela seguinte são apresentadas, em forma de resumo, as MRE implementadas, bem como o investimento previsto, as poupanças anuais e a redução de CEE.

Tabela 5.1. Resumo das MRE implementadas

	MRE	Investimento (€)	Poupança		CEE (kgep/m ²)
			Energética (kWh)	Monetária (€)	
1	Instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B e otimização da iluminação	537,20	-	-	-
2	Desagregação dos circuitos de iluminação	1.595,96	21.223	2.496	0,260
3	Substituição da tecnologia de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1	249,15	10.488	1.112	0,128
4	Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos	-	-	-	-
5	Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores	20,00	1.233	164	0,015
6	Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação	-	-	-	-
TOTAL		2.402,31	32.944	3.772	0,400

Com a implementação destas MRE, através da substituição de tecnologias de iluminação por tecnologias mais recentes e mais inovadoras em alguns espaços, desagregação dos circuitos de iluminação, ações de sensibilização para o uso de aquecedores, utilização de elevadores, inspeção dos interruptores de comutação Manual/Automático para os circuitos de iluminação e a instalação de detetores de movimento, consegue-se alcançar a poupança anual em eletricidade no valor de 32900 kWh e, conseqüentemente, uma redução no CEE anual de 0,4 kgep/m². Desta maneira reduz-se o consumo em 6,3%, em vez dos 4% impostos pelas metas normativas de redução. Pode concluir-se que, face às metas de redução de CEE impostas de 4% que correspondem a 0,255 kgep/m² no final do período de realização do PREN, a execução do PREN consegue superar as metas de redução normativas. Assim consegue-se melhorar a eficiência energética do edifício em estudo, garantindo melhores condições de funcionamento para os utilizadores e, conseqüentemente, contribuindo para um meio ambiente melhor.

Bibliografia

- [1] “Review by Energy Type: Primary Energy,” BP Statistical , [Online]. Available: <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/review-by-energy-type/primary-energy.html>. [Acedido em 30 09 2015].
- [2] “Estratégia Nacional para a Energia 2020,” APREN, [Online]. Available: <http://www.apren.pt/pt/dadostecnicos/index.php?id=206&cat=197>. [Acedido em 30 09 2015].
- [3] “Resolução do Conselho de Ministros n.º 29/2010 de 15 de abril”. *Aprova a Estratégia Nacional para a Energia 2020*.
- [4] “Política Energética,” ADENE, [Online]. Available: <http://www.adene.pt/politica-energetica>. [Acedido em 30 09 2015].
- [5] “Diretiva n.º 2010/31/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de maio,” *Relativa ao Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD)*.
- [6] “Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de agosto,” *Aprova o Sistema de Certificação Energética de Edifícios*.
- [7] “Âmbito do ECO.AP,” ECO.AP, [Online]. Available: http://ecoap.adene.pt/pt_PT/ambito;jsessionid=7B9AA046218F702DDFE02995C2EAD753. [Acedido em 30 09 2015].
- [8] “Resolução do Conselho de Ministros n.º 20/2013 de 10 de abril,” *Aprova o Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética para o período 2013-2016 e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis para o período 2013-2020*.
- [9] A. G. Martins, “Auditorias de Energia,” *Universidade de Coimbra - DEEC*.
- [10] “Decreto-Lei n.º 71/2008 de 15 de abril,” *Regula o sistema de gestão dos consumos intensivos de energia*.
- [11] “Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético,” *Efficiency Valuation Organization*, vol. 1, 2009.
- [12] “DEEC Instalações,” Universidade de Coimbra, [Online]. Available: <http://www.uc.pt/fctuc/deec/departamento/Instalacoes>. [Acedido em 7 10 2015].
- [13] J. Dias, “Plano de Racionalização do Consumo de Energia de um edifício do Pólo II - Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores,” 2015.

- [14] Streamline, “MeWaGo,” [Online]. Available: <https://mewago.streamline.pt/users/login>. [Acedido em 20 10 2015].
- [15] “Despacho n.º 17313/2008 de 15 de abril,” *Relativo ao Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia; Factores de Conversão..*
- [16] I. Soares, *Eficiência Energética e a ISO 50001*, Lisboa: Edições Sílabo, abril de 2015.

Apêndice A

Folha de Cálculo Análise de Faturas Energéticas

Índice

1. Manual de Referência	57
1.1 Introdução	57
1.2 Visão Geral do Projeto	57
1.3 Criação dos Menus	57
1.3.1 Menu Inicial	57
1.3.2 Submenu Configuração do Sistema	58
1.4 Implementação de Folhas	58
1.4.1 Grupo Dados	58
1.4.2 Grupo Consumo	60
1.4.3 Grupo Custos	61
1.4.4 Resumo de Hiperligações	63
1.5 Automatização de tarefas.....	63
1.5.1 Auto_Open.....	63
1.5.2 Configuração do Sistema	64
2. Manual de Utilizador	65
2.1 Primeiros Passos	65
2.1.1 Requisitos do Sistema	65
2.1.2 Requisitos de Software	65
2.2 Conceitos Gerais.....	65
2.2.1 Abrir Analise_Faturas.....	65
2.2.2 Guardar Analise_Faturas	67
2.3 Menu e Submenu	67
2.3.1 Menu Inicial.....	67
2.3.2 Submenu Configuração do Sistema	68

2.4 Edição de Folhas.....	68
2.4.1 Introdução de dados	69
2.4.2 Comparação de Comercializadores	69
2.5 Configuração do Sistema.....	70
2.5.1 Reiniciar Sistema Anos Pretendidos.....	70
2.5.2 Restaurar Ano 2013, 2014, 2015	70
2.5.3 Passar ao Ano Seguinte.....	71

1. Manual de Referência

1.1. Introdução

A rotina de efetuar uma análise dos dados de faturas energéticas leva à necessidade de elaborar uma folha de cálculo para simplificar o processo de análise.

O utilizador tem de colocar os dados da faturação na folha em desenvolvimento, tomando como base três anos consecutivos. Após a introdução dos dados, a folha deve ter a capacidade de, de forma automática, criar gráficos e tabelas que vão melhorar as conclusões da análise posteriormente realizada.

A implementação do programa passou por variadas etapas e diversas dificuldades. Primeiramente começou-se pela criação da máscara do Menu Inicial e do submenu de Configuração do Sistema. De seguida passou-se à introdução dos dados base, tendo em conta os três anos consecutivos. Posteriormente criou-se cada uma das folhas e respetiva programação, associada a cada comando do menu inicial e submenu. Por último, tendo em conta o bom funcionamento da folha de cálculo, foram executados diversos testes aos diferentes menus e opções que estes disponibilizam.

Durante a fase de testes verificou-se que, devido ao uso intensivo de macros e ao alargado número de dados base, o Excel tornava-se lento, chegando mesmo a bloquear a própria folha de cálculo. Para evitar tal problema tentou-se simplificar, ao máximo possível, a implementação da folha de cálculo em desenvolvimento.

1.2. Visão Geral do Projeto

O programa tem um Menu Inicial, no qual o utilizador pode escolher varias opções. Este Menu tem três grandes grupos: um destinado aos dados e consulta dos mesmos (Faturação, Histórico, Auxiliares), outro destinado à análise de consumo (Energia Ativa, Períodos Horários, Anual Detalhado, Acumulado), o último destinado aos custos (Anual Detalhado, Anual, Comparação Comercializador). Tem, ainda, disponível um botão que permite ir para um submenu, no qual existem diversas funções de configuração do sistema (Reiniciar Sistema a Anos Pretendidos, Restaurar Ano 2013, 2014, 2015, Passar ao Ano Seguinte).

1.3. Criação dos Menus

1.3.1. Menu Inicial

O menu inicial é constituído por um conjunto de botões, dividido em três grupos (Dados, Consumo e Custos), que permitem ter acesso às variadas tarefas que a folha de cálculo possibilita

realizar. Tais botões têm hiperligações a outras folhas correspondentes no próprio programa. Este menu apresenta também um botão para executar uma hiperligação para o submenu Configuração do Sistema.

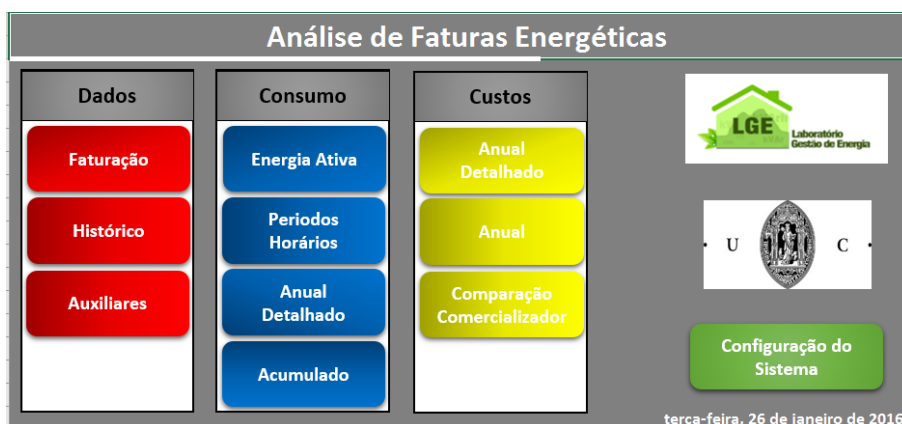


Figura A.1. Menu Inicial

1.3.2. Submenu Configuração do Sistema

O submenu é constituído por três botões e um ícone em forma de casa que permite voltar ao menu inicial. Os três botões permitem executar macros respetivas que vão permitir operações de formatação, de cálculo ou de elaboração de gráficos, executando as tarefas de forma autónoma.



Figura A.2. Submenu Configuração do Sistema

1.4. Implementação de Folhas

1.4.1. Grupo Dados

a) Faturação

O botão Faturação é o local onde o utilizador tem de introduzir os dados relativos aos três anos de faturação energética em estudo, sendo este usado como base de dados que podem ser utilizados em todas as folhas para a realização das diferentes tarefas.

O botão Faturação está inserido no grupo de dados do Menu Inicial e tem uma hiperligação com a folha *Dados*. Tal folha possui uma tabela com os dados dos três anos consecutivos,

respetivamente, energia ativa, custo s/IVA e preço unitário, que se distinguem por diferentes cores. Através desta folha são efetuados todos os cálculos auxiliares e são construídos todos os gráficos a implementar na folha de cálculo análise de faturas energéticas.

b) Histórico

O histórico é uma folha na qual ficam guardados todos os dados relativos à faturação energética do ano a eliminar durante o processo de incrementação de novo ano de dados (Passar ao Ano Seguinte). Posteriormente, estes dados podem ser consultados para uma futura análise.

Está hiperligado à folha *Dados_Hist*, na qual é guardado o ano a apagar aquando da incrementação dos anos de referência. Desta forma, quando o utilizador desejar consultar os dados já apagados, pode, de maneira cómoda, encontrá-los nesta secção para uma possível análise posterior.

c) Auxiliares

O botão Auxiliares tem associada uma hiperligação com a folha *Dados_Aux*. Nesta folha encontram-se todas as tabelas de dados auxiliares, com os respetivos cálculos, para a elaboração de todos os gráficos da folha análise de faturas energéticas. A folha é constituída por cinco tabelas:

- Dados Extrapolados - onde será realizada uma extrapolação de todos os dados inseridos na folha *Dados* com o intuito de obter uma tabela com os dados de energia ativa e custo pelos diversos meses do ano;
- Comparação de Comercializadores - nesta tabela temos todos os cálculos relacionados com os custos de referência associados ao comercializador atual e todos os custos propostos associados a um comercializador a comparar;
- Total - é uma tabela onde são apresentados os consumos totais anuais desagregados pelos diferentes períodos horários e o respetivo custo c/IVA anual, dos três anos de referência;
- Consumo Acumulado - é uma tabela onde estão representados todos os valores associados ao cálculo acumulado de energia dos respetivos três anos consecutivos;
- Comparação de Comercializador - é uma tabela auxiliar na qual se encontram os respetivos custos desagregados pelos diferentes períodos horários do comercializador atual e do comercializador a comparar.

Através de todos os dados calculados nesta folha é possível a elaboração de gráficos e tabelas na folha análise de faturas energéticas.

1.4.2. Grupo Consumo

a) Energia Ativa

A evolução do consumo de energia ativa é reproduzida num gráfico, no qual é possível comparar o consumo de energia ativa total, pelos diferentes meses, dos três anos consecutivos.

O botão Energia Ativa tem associada uma hiperligação com a folha *Evol.Cons.Ea*. Para a construção do gráfico são usados os dados totais da folha *Dados_Aux da tabela Dados Extrapolados*.

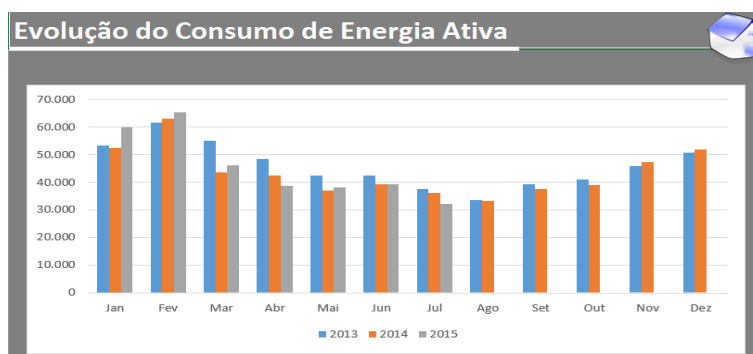


Figura A.3. Folha de evolução do consumo de energia ativa

b) Períodos Horários

A evolução do consumo desagregado por períodos horários é reproduzida num gráfico no qual é possível realizar a comparação dos três anos consecutivos, pelos diferentes períodos horários (Vazio Normal, Super Vazio, Ponta, Cheias). Desta forma consegue-se avaliar a evolução do consumo energético nos diferentes períodos horários.

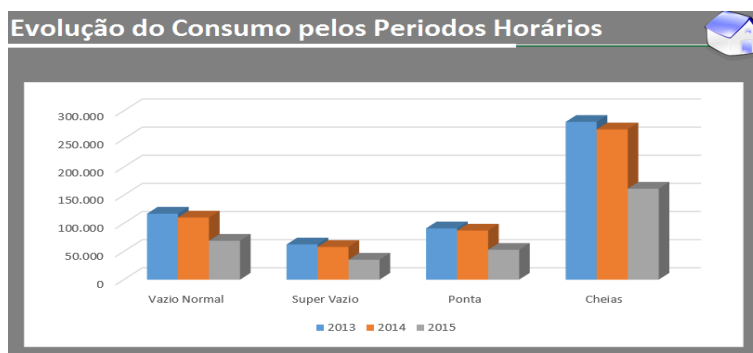


Figura A.4. Folha de evolução do consumo pelos períodos horários

O botão Períodos Horários tem associada uma hiperligação com a folha *Evol.Cons.Per*. Para a sua elaboração foram usados os dados da folha *Dados_Aux da tabela Total*.

c) Anual Detalhado

O consumo anual detalhado é apresentado em três gráficos: um para cada ano, onde são

apresentados os valores do consumo desagregado por períodos horários pelos diversos meses do ano. Desta forma consegue-se verificar qual o mês que tem maior consumo durante um determinado ano em estudo e, além desta funcionalidade, consegue-se verificar qual o período horário que mais influência o consumo total.

O botão Anual Detalhado tem associada uma hiperligação com a folha *Cons.Det.Ano*. Para a sua implementação foram usados os dados da folha *Dados_Aux da tabela Dados Extrapolados*.

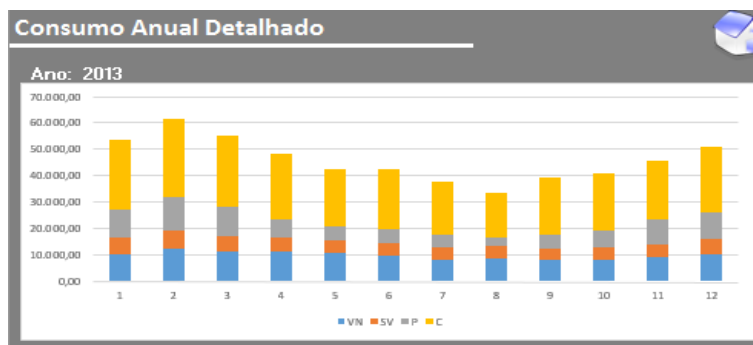


Figura A.5. Folha de consumo anual detalhado

d) Acumulado

A folha consumo acumulado permite a elaboração de um gráfico, no qual está representado o consumo acumulado anual dos três anos consecutivos. Através deste gráfico rapidamente pode ser comparado qual o ano com maior consumo dos três em análise.

O botão Acumulado tem associada uma hiperligação com a folha *Cons.Acu*. Para a sua implementação são usados os dados da folha *Dados_Aux da tabela ConsumoAcumulado*.

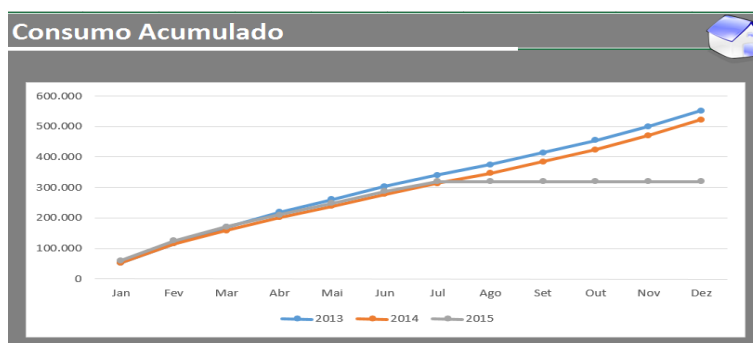


Figura A.6. Folha de consumo acumulado

1.4.3. Grupo Custos

a) Anual Detalhado

A folha evolução de custos detalhados c/IVA permite a criação de um gráfico, no qual é comparado o custo mensal c/IVA dos três anos em estudo. Através deste gráfico consegue-se obter resultados que permitem saber qual os meses com custos mais elevados e a evolução dos mesmos

no decorrer dos anos.

O botão Anual Detalhado tem associada uma hiperligação com a folha *Evo.Custo.Det.* Para a implementação foram usados os dados da folha *Dados_Aux da tabela Dados Extrapolados.*

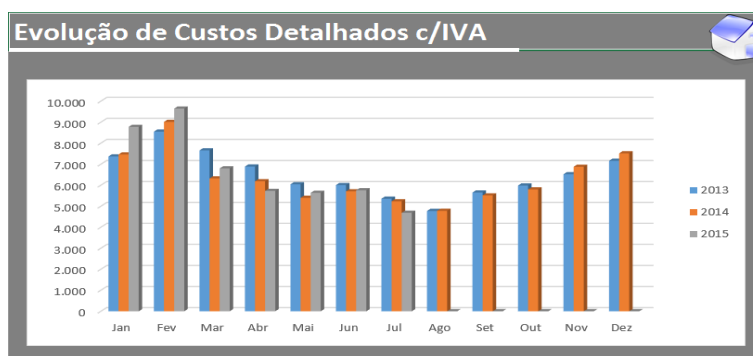


Figura A.7. Folha de evolução de custos detalhados c/IVA

b) Anual

Na evolução total de custos c/IVA é criado um gráfico, no qual são comparados os custos c/IVA dos três anos consecutivos. Desta forma, analisa-se qual o ano com maiores custos associados de forma veloz e simples.

O botão Anual tem associada uma hiperligação com a folha *Evo.Custos.* Para a sua implementação são usados os dados da folha *Dados_Aux da tabela Total.*

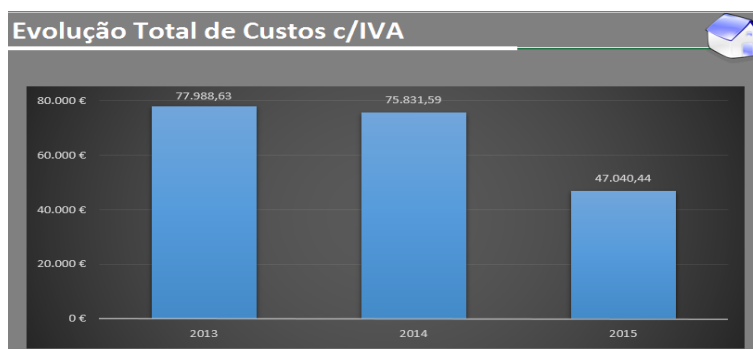


Figura A.8. Folha de evolução total de custos c/IVA

c) Comparação Comercializador

A folha comparação de comercializadores permite uma comparação do comercializador em fornecimento com outro comercializador do mesmo tipo de serviço. Através desta folha alcança-se, de forma resumida, um relatório no qual é apresentado um gráfico com os custos desagregados pelos diferentes períodos horários e uma pequena tabela onde se apresenta a melhor opção a tomar por parte do utilizador.

O botão Comparação de Comercializador tem associada uma hiperligação com a folha *Comp.Comerci.Dados.* De seguida, quando o utilizador carregar no botão Executar será acionada

uma macro *Conf_CompFinal* que irá realizar todo o processo de cálculo para apresentação do resultado da análise na folha *Comp.Comerci*. A macro principal *Conf_CompFinal* é constituída por duas macros:

- *Conf_Comp* - que copia os dados da tabela da folha *Comp.Comerci.Dados* para a tabela Comparação de Comercializadores da folha *Dados_Aux*;
- *Conf_CompAct.* - que atualiza todos os campos da folha *Dados_Aux* e da folha *Comp.Comerci*.



Figura A.9. Folha de comparação de comercializadores

1.4.4. Resumo de Hiperligações

Na tabela que se segue são apresentadas todas as hiperligações presentes na folha de cálculo:

Tabela A.1. Resumo de Hiperligações

	Botão do Menu Inicial	Folha Associada
Dados	Faturação	Dados
	Histórico	Dados_Hist
	Auxiliares	Dados_Aux
Consumo	Energia Ativa	Evol.Cons.Ea.
	Periodos Horários	Evol.Cons.Per.
	Anual Detalhado	Cons.Det.Ano.
	Acumulado	Cons.Acu.
Custos	Anual Detalhado	Evo.Custo.Det.
	Anual	Evo.Custos
	Comparação Comercializador	Comp.Comerci.Dados

1.5. Automatização de tarefas

O utilizador das folhas de cálculo Excel tem, muitas vezes, a necessidade de executar repetidamente várias operações de formatação, de cálculo ou de elaboração de gráficos. Algumas destas operações repetidas podem ser convertidas em pequenos programas capazes de executar tarefas automaticamente. Estes “programas”, que denominamos macros, contêm uma ou várias ações que podem ser executadas as vezes necessárias.

1.5.1. Auto_Open

A macro *Auto_Open* permite que, no arranque da folha cálculo Análise de Faturas Energéticas, se abra sempre a folha *Menu Inicial*.

1.5.2. Configuração do Sistema

a) Reiniciar Sistema Anos Pretendidos

Para a implementação da macro (*Conf_ReiniciarFinal*), que permite reiniciar todo o sistema para os anos consecutivos pré-inseridos pelo utilizador, foram usadas diversas macros, entre elas:

- *Conf_ReiniciarCopiar* - que copia os dados da folha *Conf1* para a folha *Dados* e atualiza a linha B4 da folha *Dados* mais a respetiva formatação;
- *Conf_ReiniciarApagar* - que apaga todos os dados de faturação da folha *Dados*;
- *Conf_ReiniciarActualizar* - que atualiza todas as tabelas e todos os gráficos de todas as folhas do programa;
- *Conf_ReiniciarAnosRef* - que atualiza a folha *AnosRef*.

b) Restaurar Ano 2013, 2014, 2015

Para a implementação da macro (*Conf_RestFinal*), que permite reiniciar o sistema para os anos base consecutivos de 2013 a 2015, foram usadas diversas macros, entre elas:

- *Conf_RestCopia* - que copia dados da folha *Dados_Base* para a folha *Dados*;
- *Conf_RestActualizar* - que atualiza todas as tabelas e gráficos de todas as folhas do programa.

c) Passar ao Ano Seguinte

Para a implementação da macro (*Conf_PassarFinal*), que apresenta a capacidade de incrementar os anos de base do sistema, guardando no histórico os dados relativos ao ano a apagar, foram usadas diversas macros, entre elas:

- *Conf_PassarPB* - que permite a passagem de todos os dados da folha *Dados* a preto e branco;
- *Conf_PassarHist* - que copia o primeiro ano, ano a apagar da folha *Dados* para a folha *Dados_Hist*;
- *Conf_PassarMover* - que move o segundo e terceiro ano para o local do primeiro ano e segundo, respetivamente;
- *Conf_PassarCriar* - que permite criar o novo ano;
- *Conf_PassarCor* - que permite a passagem de todos os dados da folha *Dados* a cor.

2. Manual de Utilizador

2.1. Primeiros Passos

Neste capítulo serão apresentados os requisitos mínimos, sistema e software, para a execução da folha de cálculo *Analise_Faturas*.

2.1.1. Requisitos do Sistema

- Min.150MB de espaço livre no disco rígido (mais espaço, dependendo do volume de informações armazenadas)

2.1.2. Requisitos de Software

- Microsoft Office 2013, Excel

2.2. Conceitos Gerais

Neste capítulo serão abordadas as operações básicas de manipulação da folha de cálculo *Analise_Faturas*. A abertura e gravação dos documentos são tratadas de forma direta, utilizando os comandos e os recursos adequados para efetuar as operações descritas.

2.2.1. Abrir *Analise_Faturas*

Para iniciar *Analise_Faturas*, após abrir o Excel, deverá escolher o comando **Abrir** do separador **Ficheiro** {Arquivo} ou, se entretanto criou um botão de atalho na **Barra de Ferramentas de Acesso Rápido**, faça clique no botão.

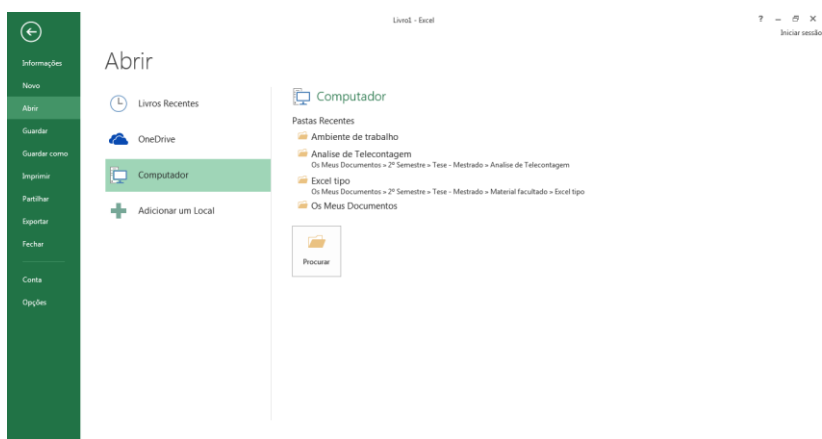


Figura A.10. Comando Abrir

Em qualquer dos casos é apresentado o ambiente **Abrir**, que apresenta uma lista dos documentos recentes, assim como atalhos para serviços de armazenamento instalados. Se o fichei-

ro *Análise de Faturas* estiver noutra pasta ou noutra unidade, terá de optar, primeiro, pelo botão **Computador** e, depois, pelo botão **Procurar**.

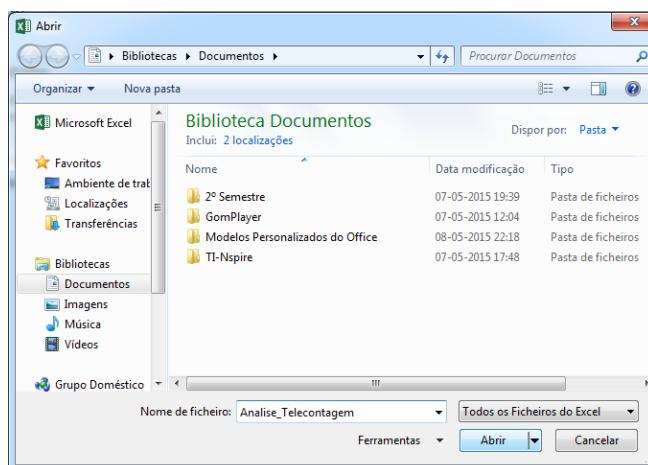


Figura A.11. Botão Procurar

O botão **Procurar** permite aceder à caixa de diálogo **Abrir** na qual é possível procurar e seleccionar o ficheiro a abrir. No **Nome de ficheiro** deverá colocar *Analise_Faturas* e, de seguida, carregar em **Abrir**, para aceder à folha de cálculo *Análise de Faturas Energéticas*.

Poderá realizar esta mesma tarefa de uma forma mais fácil e sucinta, procurando a pasta onde tem guardada a folha de cálculo *Analise_Faturas* e, seguidamente clicando duas vezes sobre o ícone.

Ao abrir a folha de cálculo *Analise_Faturas* surgem sempre **duas mensagens iniciais**.

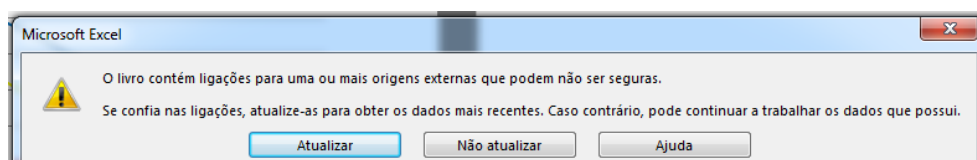


Figura A.12. Primeira mensagem inicial

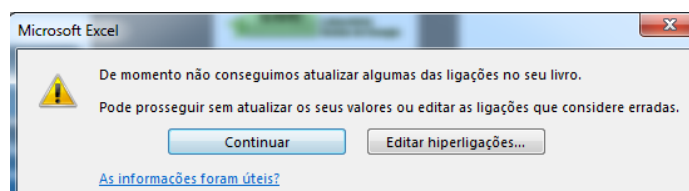


Figura A.13. Segunda mensagem inicial

Na primeira, tal como pode ser visto na Figura A.12, deverá clicar-se em **Atualizar**. Na segunda mensagem, tal como pode ser visto na Figura A.13, deverá clicar-se em **Continuar**.

Efetuados estes passos estamos no menu inicial da folha de cálculo *Analise_Faturas*.

2.2.2. Guardar Analise_Faturas

Para guardar, quer seja em disco, em suporte amovível ou em nuvem, escolha o comando **Guardar** {Salvar} do separador **Ficheiro** {Arquivo}. Em alternativa poderá clicar no botão de atalho na **Barra de Ferramentas de Acesso Rápido**.

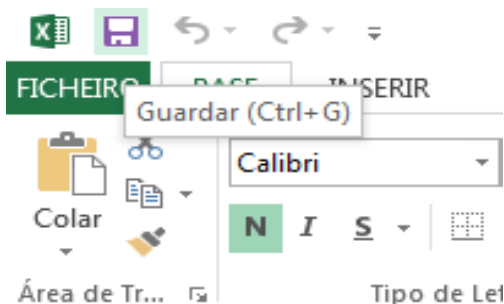


Figura A.14. Botão Guardar da Barra de Ferramentas de Acesso Rápido

2.3. Menu e Submenu

Neste capítulo será abordada a estrutura do menu inicial da folha de cálculo *Analise_Faturas* e do submenu Configuração do Sistema, sendo explicada a forma como o leitor visualiza e lida com a folha.

2.3.1. Menu Inicial

O **Menu Inicial** é constituído por uma janela com um conjunto diverso de botões, onde poderá ser selecionada uma **folha** correspondente à função pretendida pelo utilizador ou o **submenu** de configuração do sistema.

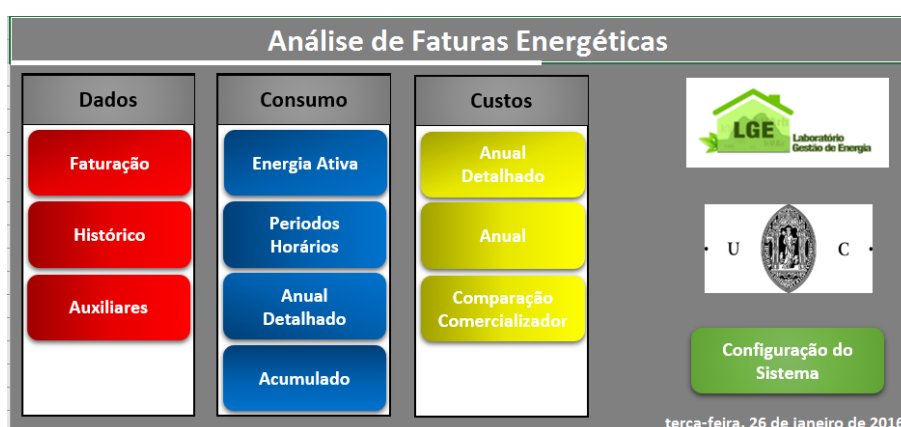


Figura A.15. Menu Inicial

Para **aceder à função pretendida**, o utilizador deverá escolher uma das opções dos três grandes grupos (**Dados**, **Consumo** e **Custos**) ou a opção de **Configuração do Sistema**. No grupo de Dados poderá ser consultada a folha **Faturação**, **Histórico** e **Auxiliares**. No grupo Consumo

estão disponíveis as opções de **Energia Ativa**, **Períodos Horários**, **Anual Detalhado** e **Acumulado**. Por último, no grupo custos poderão ser escolhidas as folhas **Anual Detalhado**, **Anual** e **Comparação Comercializador**.

Sempre que desejar **regressar** ao menu principal deverá clicar sobre o ícone em forma de casa.



Figura A.16. Ícone para regressar ao menu inicial

2.3.2. Submenu Configuração do Sistema

O **Submenu** Configuração do Sistema é constituído por uma janela com três botões, onde poderá ser seleccionada uma das três opções distintas (**Reiniciar Sistema Anos Pretendidos**, **Restaurar Ano 2013, 2014, 2015** e **Passar ao Ano Seguinte**).



Figura A.17. Submenu Configuração do Sistema

Para **aceder à função pretendida** deverá clicar sobre a respetiva caixa. Para regressar ao **Menu** deverá clicar sobre o ícone em forma de casa.

2.4. Edição de folhas

Neste capítulo será abordada a estrutura e como trabalhar com determinadas secções da folha de cálculo *Analise_Faturas*, sendo explicada a forma como o leitor visualiza e lida com a folha.

2.4.1. Introdução de dados

A introdução de dados na folha de cálculo *Análise_Faturas* está restrita à folha Faturação, todas as restantes folhas serão atualizadas com os dados introduzidos nesta secção. Primeiramente deverá configurar o sistema para **Reiniciar Sistema Anos Pretendidos**, desta forma consegue atualizar todas as tabelas e gráficos da folha com os anos pretendidos para anos de referência. Após esta tarefa, deverá **introduzir os dados** dos respetivos campos **Energia Ativa (VN, SV, P, C)**, **Custo (s/IVA) €** e **Preço Unit**, na folha **Faturação (Menu Inicial → Faturação)**.

Dados da Faturação Energética													
Ano	Período		Dias		Energia Activa(kWh)				Custo (s/IVA) €	Preço Unit.			
	Início	Fim	Mês	M	Corrente	M_Seguinte	VN	SV			P	C	
1	27-12-0	26-1-1	31	26	5								
1	27-1-1	26-2-1	28	26	2								
1	27-2-1	26-3-1	31	26	5								
1	27-3-1	26-4-1	30	26	4								
1	27-4-1	26-5-1	31	26	5								
1	27-5-1	26-6-1	30	26	4								
1	27-6-1	26-7-1	31	26	5								
1	27-7-1	26-8-1	31	26	5								
1	27-8-1	26-9-1	30	26	4								
1	27-9-1	26-10-1	31	26	5								
1	27-10-1	26-11-1	30	26	4								
1	27-11-1	26-12-1	31	26	5								
2	27-12-1	26-1-2	31	26	5								
2	27-1-2	26-2-2	28	26	2								
2	27-2-2	26-3-2	31	26	5								
2	27-3-2	26-4-2	30	26	4								
2	27-4-2	26-5-2	31	26	5								
2	27-5-2	26-6-2	30	26	4								
2	27-6-2	26-7-2	31	26	5								
2	27-7-2	26-8-2	31	26	5								
2	27-8-2	26-9-2	30	26	4								
2	27-9-2	26-10-2	31	26	5								
2	27-10-2	26-11-2	30	26	4								
2	27-11-2	26-12-2	31	26	5								
3	27-12-2	26-1-3	31	26	5								
3	27-1-3	26-2-3	28	26	2								
3	27-2-3	26-3-3	31	26	5								
3	27-3-3	26-4-3	30	26	4								
3	27-4-3	26-5-3	31	26	5								
3	27-5-3	26-6-3	30	26	4								
3	27-6-3	26-7-3	31	26	5								
3	27-7-3	26-8-3	31	26	5								
3	27-8-3	26-9-3	30	26	4								
3	27-9-3	26-10-3	31	26	5								
3	27-10-3	26-11-3	30	26	4								
3	27-11-3	26-12-3	31	26	5								

Figura A.18. Introdução de Dados

2.4.2. Comparação de Comercializadores

Para comparar comercializadores deverá aceder ao **Menu Inicial** e escolher a opção **Comparação Comercializador**.

Comparação de Comercializadores - Dados			
Dados de comercializador a comparar:			Executar
Período	Ano		
VN	2013	2014	2015
SV			
P			
C			

Nota: Introduza os dados nos diferentes períodos da fatura, com base na soma das parcelas de energia activa e redes de energia activa respetivas.

Figura A.19. Submenu Comparação de Comercializadores - Dados

Após entrar neste **submenu**, deverá **completar a tabela** tendo em conta o preenchimento dos dados nos diferentes períodos energéticos da fatura, com base na soma das parcelas de energia activa e redes de energia activa respetivas. Por último deverá clicar em **executar**, por forma a obter a apresentação dos resultados da comparação.

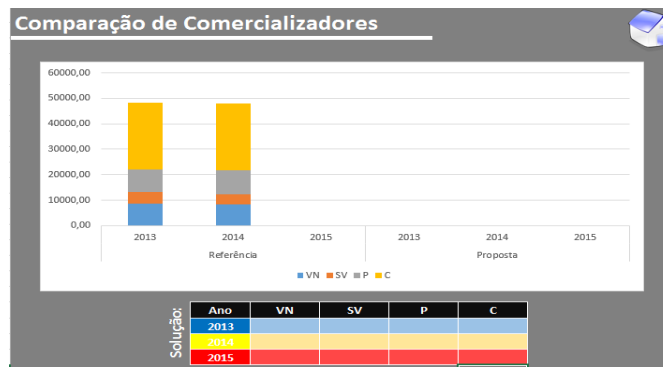


Figura A.20. Submenu Comparação de Comercializadores

2.5. Configuração do Sistema

Neste capítulo serão abordadas as três funções para configurar o sistema da folha de cálculo *Análise_Faturas*, sendo explicada a forma como o leitor deverá executar tais funções para lidar com o sistema convenientemente.

2.5.1. Reiniciar Sistema Anos Pretendidos

Para reiniciar o sistema para os anos pretendidos pelo utilizador, terá de clicar em **Configuração do Sistema** no Menu Principal e, de seguida, dentro do submenu Configuração do Sistema, terá de clicar sobre o botão **Reiniciar Sistema Anos Pretendidos**.

Após entrar na folha Reiniciar Sistema Anos Pretendidos deverá **introduzir os anos pretendidos** e, de seguida deverá clicar sobre **Executar**. Após estes passos, o sistema ficará todo ele atualizado para os anos pré-inseridos.



Figura A.21. Opção Reiniciar Sistemas Anos Pretendidos

2.5.2. Restaurar Ano 2013, 2014, 2015

Para restaurar a folha de cálculo *Análise_Faturas* para os anos de 2013, 2014, 2015 terá de

clicar sobre **Configuração do Sistema** no Menu Inicial e, de seguida, já dentro do submenu, terá de clicar sobre **Restaurar Ano 2013, 2014, 2015**.



Figura A.22. Opção de Restaurar 2013, 2014, 2015

2.5.3. Passar ao Ano Seguinte

Para avançar um ano nos anos de referência na folha de cálculo *Análise_Faturas* terá de clicar sobre **Configuração do Sistema** no Menu Inicial e, de seguida, terá que clicar no submenu em **Passar ao Ano Seguinte**.



Figura A.23. Opção de Avançar um ano nos anos consecutivos

Apêndice B

Folha de Cálculo Análise de Telecontagem

Índice

1. Manual de Referência	77
1.1 Introdução	77
1.2 Visão Geral do Projeto	77
1.3 Criação dos Menus	77
1.3.1 Menu Inicial	77
1.3.2 Submenu Configuração do Sistema	78
1.4 Implementação de Folhas	78
1.4.1 Grupo Dados	78
1.4.2 Grupo Consumo	80
1.4.3 Resumo de Hiperligações	83
1.5 Automatização de tarefas.....	83
1.5.1 Auto_Open.....	84
1.5.2 Configuração do Sistema	84
2. Manual de Utilizador	85
2.1 Primeiros Passos	85
2.1.1 Requisitos do Sistema	85
2.1.2 Requisitos de Software	85
2.2 Conceitos Gerais.....	85
2.2.1 Abrir Analise_Telecontagem	85
2.2.2 Guardar Analise_Telecontagem	87
2.3 Menu e Submenu	87
2.3.1 Menu Inicial	87
2.3.2 Submenu Configuração do Sistema	88
2.4 Edição de Folhas.....	88
2.4.1 Telecontagem Dinâmica	89

2.4.2 Análises Semanais	89
2.4.3 Comparações Semanais	90
2.5 Configuração do Sistema.....	90
2.5.1 Restaurar Ano 2013, 2014, 2015	90
2.5.2 Passar ao Ano Seguinte.....	90
2.5.3 Introdução de Dados	91
2.5.4 Atualizar Dados	91

1. Manual de Referência

1.1. Introdução

A rotina de efetuar uma análise dos dados de telecontagem leva à necessidade de elaborar uma folha de cálculo para simplificar o processo de análise de telecontagem.

O utilizador tem de colocar os dados de telecontagem na folha em desenvolvimento, tomando como base três anos consecutivos. Após a introdução dos dados, a folha deve ter a capacidade de, de forma automática, criar gráficos e tabelas que vão melhorar as conclusões da análise posteriormente realizada.

A implementação do programa passou por diversas etapas e dificuldades variadas. Primeiramente começou-se pela criação da máscara do Menu Inicial e do submenu de Configuração do Sistema. De seguida passou-se à introdução dos dados base, tendo em conta os três anos consecutivos. Posteriormente criou-se cada uma das folhas e respetiva programação, associada a cada comando do menu inicial e submenu. Por último, tendo em conta o bom funcionamento da folha de cálculo, foram executados diversos testes aos diferentes menus e opções que estes apresentam.

Durante a fase de testes verificou-se que, devido ao uso intensivo de macros e ao alargado número de dados base, o Excel tornava-se lento, chegando mesmo a bloquear a própria folha de cálculo. Para evitar tal problema tentou-se simplificar, ao máximo possível, a implementação da folha de cálculo em desenvolvimento, conseguindo-se assim um melhor funcionamento.

1.2. Visão Geral do Projeto

O programa terá um Menu Inicial, no qual o utilizador poderá escolher varias opções. Este Menu terá dois grandes grupos: um destinado aos dados e consulta dos mesmos (Telecontagem, Telecontagem Dinâmica, Histórico) e outro destinado à análise de consumo (Comparação Anual, Análises Semanais, Comparações Semanais, Sazonalidade, Comparação de Sazonalidade). Terá ainda disponível um botão que permite ir para um submenu, no qual existem diversas funções de configuração do sistema (Restaurar Ano 2013, 2014, 2015, Passar ao Ano Seguinte, Atualizar Dados).

1.3. Criação dos Menus

1.3.1. Menu Inicial

O menu inicial é constituído por um conjunto de botões dividido em dois grupos (Dados e Consumo), que permitem ter acesso às diversas tarefas que a folha de cálculo possibilita realizar.

Tais botões têm hiperligações a outras folhas correspondentes no próprio programa. Este menu apresenta, também, um botão para executar uma hiperligação para o submenu Configuração do Sistema.

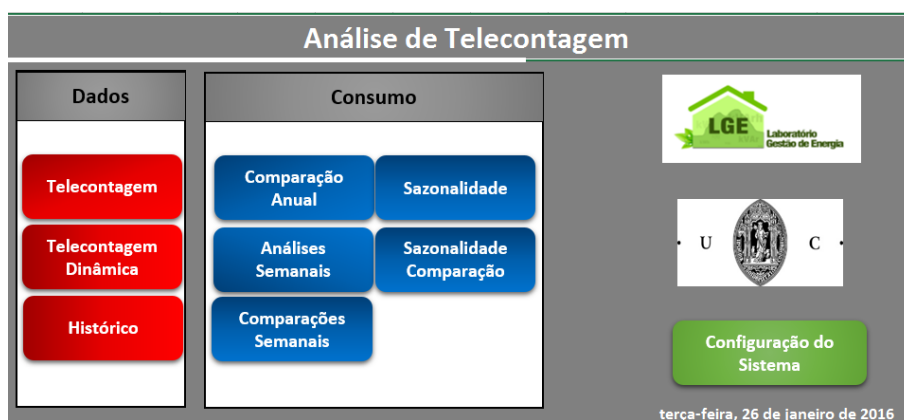


Figura B.1. Menu Inicial

1.3.2. Submenu Configuração do Sistema

O submenu é constituído por três botões e um ícone em forma de casa, que permite voltar ao menu inicial. Os três botões permitem executar macros respetivas, que vão permitir determinadas operações de formatação, de cálculo ou de elaboração de gráficos, executando as tarefas de forma automática.



Figura B.2. Submenu Configuração do Sistema

1.4. Implementação de Folhas

1.4.1. Grupo Dados

a) Telecontagem

O botão Telecontagem é o local onde o utilizador tem de introduzir os dados relativos aos três anos de telecontagem em estudo, sendo este usado como base de dados que podem ser utilizados em todas as folhas para a realização das diferentes tarefas.

O botão Telecontagem do Menu Inicial tem uma hiperligação com a folha *Dados*. Esta fo-

lha possui uma tabela com os dados dos três anos consecutivos colocados por coluna. A partir desta folha são efetuados todos os cálculos auxiliares e são construídos todos os gráficos a implementar na folha de cálculo.

b) Telecontagem Dinâmica

Esta folha permite criar uma tabela dinâmica. Uma tabela dinâmica é uma tabela interativa que combina e compara grandes quantidades de dados, permitindo definir quais os que devem ser apresentados em linhas e quais os que devem ser apresentados em colunas. Desta forma é possível criar diferentes sumários de dados de origem e mostrar detalhes das áreas de interesse.

Através do uso desta ferramenta poderosa conseguimos analisar o consumo de forma mais rápida, podendo obter uma análise de consumo por ano, mês, dia ou mesmo hora. A partir da segmentação de dados conseguimos, ainda, criar opções de pesquisa na tabela dinâmica, tornando assim esta folha mais rica e precisa no que toca à pesquisa feita pelo utilizador.

O botão Telecontagem Dinâmica está ligado, através de uma hiperligação, à folha *Dados_din*. Nesta folha foi construída uma tabela dinâmica em que o utilizador, através da ferramenta segmentação de dados, pode escolher diversas opções de pesquisa, entre elas: mês, dia e hora, facilitando a procura dos dados por parte do utilizador.

Telecontagem			
Rótulos de Linha	Soma de 1ºAno	Soma de 2ºAno	Soma de 3ºAno
Janeiro	251969	219622	251822
Fevereiro	226064	230668	239517
Março	232595	190494	195763
Abril	191574	164047	154270
Maior	179414	150188	153348
Junho	158092	149184	150951
Julho	157273	154298	161414
Agosto	130537	124699	
Setembro	153285	149719	
Outubro	169265	162692	
Novembro	178968	179871	
Dezembro	202432	198395	
Total Geral	2231468	2073877	1307085

Opções de Pesquisa		
Mês	Dia	Hora
Janeiro	1	00:00
Fevereiro	2	00:15
Março	3	00:30
Abril	4	00:45
Maior	5	01:00
Junho	6	01:15
Julho	7	01:30
Agosto	8	01:45

Figura B.3. Folha de Telecontagem Dinâmica com respetivas opções de pesquisa

c) Histórico

O histórico é uma folha na qual ficam guardados, sob forma de coluna, os dados relativos à telecontagem do ano a eliminar, durante o processo de incrementação dos anos consecutivos (Passar ao Ano Seguinte). Posteriormente tais dados, podem ser consultados para uma futura análise.

Está hiperligado à folha *Dados_historico*, na qual é guardado, em forma de coluna, o ano a apagar, aquando da incrementação dos anos consecutivos, podendo estes dados posteriormente ser consultados, de forma cómoda na secção *Histórico*.

1.4.2. Grupo Consumo

a) Comparação Anual de Consumo

A comparação Anual de Consumo compara os consumos totais anuais dos três anos consecutivos em forma de gráfico, tornando visível a evolução total de consumo ao longo dos tempos. Além desta funcionalidade está, ainda, disponível uma tabela com os indicadores de consumo, entre eles:

- Potência Máxima (Pot.Max)
- Potência Média (Pot.Méd)
- Horas de Ponta (Consumo/Pot.Max)
- Fator de carga (Pot.Méd/Pot.Max)
- Fator de vazio (Pot.Min/Pot.Max)
- Consumo

Comparando os dados da tabela de indicadores conseguimos ver a evolução do consumo energético no decorrer dos anos.

O botão Comparação Anual tem associada uma hiperligação com a folha *Comp.Anual*. Nesta folha é apresentado um gráfico de consumo total anual e uma tabela com alguns indicadores. Para a elaboração da folha *Comp_Anual* é usada a tabela Indicadores da folha *Dados_Aux*, na qual são calculados todos os parâmetros a serem visualizados.

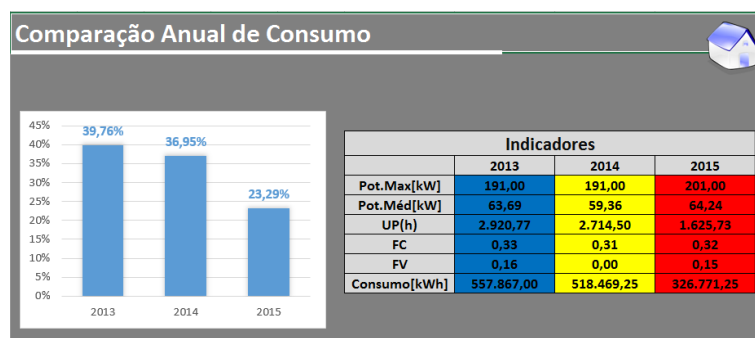


Figura B.4. Folha de comparação anual de consumo

b) Análises Semanais

Esta folha permite a elaboração do diagrama de carga semanal, a partir de uma data pré-inserida por parte do utilizador. O diagrama de carga não é mais do que uma representação da potência pedida à rede ao longo do tempo.

Esta função torna-se muito útil uma vez que, inserindo a data inicial pretendida para o diagrama de carga, obtemos sempre, com êxito, o respetivo diagrama, evitando a indesejável tarefa de criação de gráficos sempre que se varia a respetiva data de início, levando à perda de tempo e

a uma tarefa rotineira indesejável.

O botão **Análises Semanais** do Menu Inicial está hiperligado à folha *Anal.Sem*. Para a implementação desta folha é usada uma folha auxiliar, *Anal.Sem.Aux*, que fica restringida a todos os cálculos para a apresentação de resultados na folha *Anal.Sem*.

A folha *Anal.Sem.Aux* é constituída por uma tabela, na qual estão todos os dados relativos à telecontagem dos três anos em estudo, em forma de coluna única. Existe uma outra coluna, designada por N, que tem um índice associado ao respetivo consumo.

Usando a função *Procv()* para pesquisar a primeira coluna de um intervalo de células e, em seguida, devolver um valor de qualquer célula na mesma linha do intervalo, consegue-se obter o índice associado ao consumo da data pré-inserida. Dessa forma criamos uma tabela com 672 linhas, que representa todos os índices associados ao respetivo consumo da semana em estudo. Sabendo o endereço da respetiva célula e usando a função *Indirecto()* conseguimos obter o respetivo consumo.

Por fim, obtendo o consumo dos respetivos 672 valores, correspondentes ao consumo da semana em estudo, conseguimos elaborar o diagrama de carga semanal.

Os indicadores são calculados a partir da tabela *Indicadores* da folha auxiliar *Anal.Sem.Aux*.

Desta forma conseguimos elaborar, tanto o diagrama de carga semanal, como os indicadores da respetiva semana, obtendo, assim, de forma fácil e rápida, a análise de uma semana pré-inserida pelo utilizador.

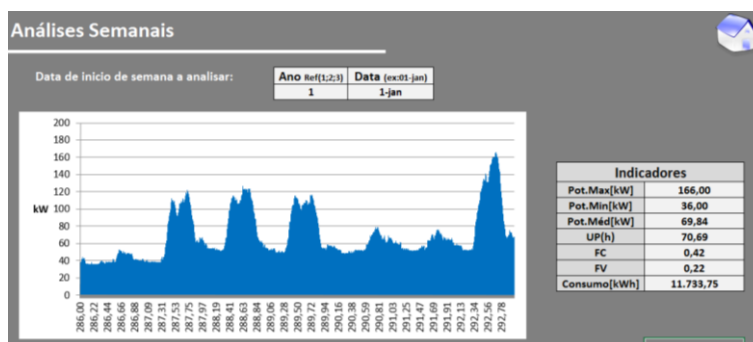


Figura B.5. Folha de análises semanais

c) Comparações Semanais

Nesta secção podemos comparar diretamente os diagramas de carga de duas semanas à escolha do utilizador. Deste modo conseguimos ver as diferenças existentes entre duas semanas, quer a nível de diagrama de carga, quer a nível de indicadores de consumo.

O botão **Comparações Semanais** do Menu Inicial está hiperligado à folha *Comp.Sem*. Para a implementação desta folha é usada uma folha auxiliar, *Comp.Sem.Aux*, a que fica restringida a

todos os cálculos para a apresentação de resultados na folha *Comp.Sem.*

O processo de implementação para a construção de ambos os diagramas de carga é equivalente ao processo descrito anteriormente para as Análises Semanais.

Com esta folha consegue-se comparar, de forma fácil e rápida, duas semanas pré-inseridas por parte do utilizador, facilitando a análise de telecontagem.

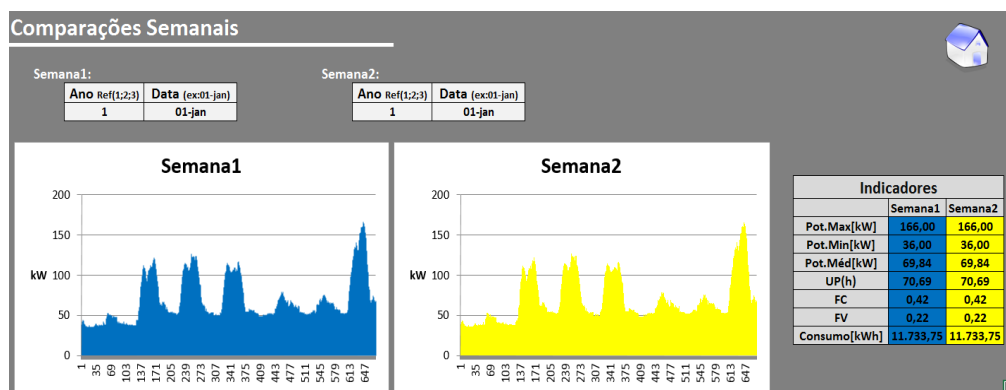


Figura B.6. Folha de comparações semanais

d) Sazonalidade

Nesta folha são apresentados três gráficos de sazonalidade dos respetivos três anos de estudo.

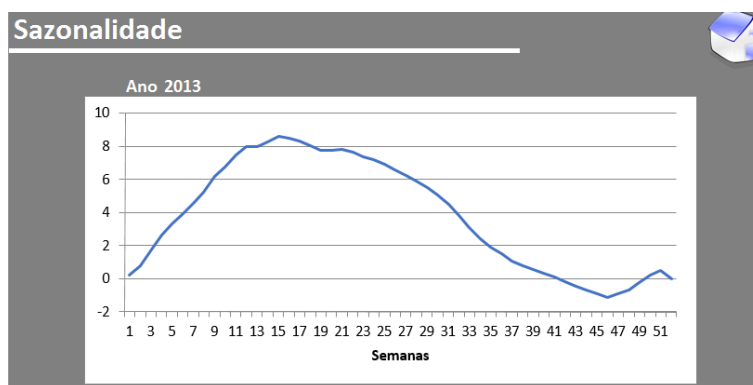


Figura B.7. Folha de sazonalidade dos anos consecutivos

O botão Sazonalidade do Menu Inicial tem associada uma hiperligação para a folha *Saz.* Para elaborar os gráficos usam-se os dados auxiliares da folha *Dados_aux*. Primeiramente calcula-se a média semanal ao longo do ano. Após estes cálculos é efetuada a média anual. De seguida, efetua-se a diferença entre a média anual e a média semanal ao longo do ano, calculando o máximo verificado por ano. Após estes passos é calculada a soma acumulada de todas as parcelas das 52 semanas. Por fim é determinada a tabela final, *Cálculo final*, onde é efetuada a divisão da soma acumulada pelo máximo da diferença entre a média anual e a média semanal ao longo do ano. Deste modo obtém-se a tabela cálculo final, onde estão os dados de suporte para a criação dos grá-

ficos de sazonalidade.

e) Comparação de Sazonalidade

Na comparação de sazonalidade podemos ver, num único gráfico, a representação da sazonalidade dos três anos de referência, conseguindo-se, desta forma, analisar a evolução do consumo do edifício em estudo no decorrer do tempo.

O botão Sazonalidade Comparação do Menu Inicial tem uma hiperligação para a folha *Saz.Comp.* Para a elaboração do gráfico são usados os dados da tabela Cálculo Final da folha *Dados_aux.*

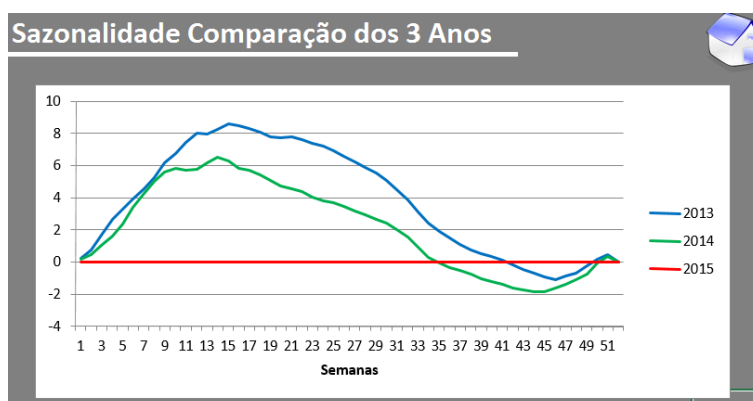


Figura B.8. Folha de comparação de sazonalidade dos três anos de estudo

1.4.3. Resumo de Hiperligações

Na tabela que se segue são apresentadas todas as hiperligações presentes na folha de cálculo:

	Botão do Menu Inicial	Folha Associada
Dados	Telecontagem	Dados
	Telecontagem Dinâmica	Dados_din
	Histórico	Dados_historico
Consumo	Comparação Anual	Comp.Anual
	Análises Semanais	Anal.Sem.
	Comparações Semanais	Comp.Sem.
	Sazonalidade	Saz.
	Sazonalidade Comparação	Saz.Comp.
	Configuração do Sistema	Conf.

1.5. Automatização de tarefas

Os utilizadores das folhas de cálculo Excel têm, muitas vezes, a necessidade de executar repetidamente várias operações de formatação, de cálculo ou de elaboração de gráficos. Algumas destas operações repetidas podem ser convertidas em pequenos programas capazes de executar tarefas automaticamente. Estes “programas”, que denominamos macros, contêm uma ou várias

ações que podem ser executadas as vezes necessárias.

1.5.1. Auto_Open

A macro *Auto_Open* permite que, no arranque da folha cálculo Análise de Telecontagem, se abra sempre a folha *Menu Inicial*.

1.5.2. Configuração do Sistema

a) Restaurar Ano 2013, 2014, 2015

Para a implementação da macro (*Conf_RestFinal*), que permite realizar a tarefa de restaurar o ano para os anos base consecutivos de 2013 a 2015, foram usadas diversas macros, entre elas:

- *Conf_RestCopiar* - que copia os dados da folha *Dados_base* para a folha *Dados*;
- *Conf_DinTabCriar* - que cria a tabela dinâmica;
- *Conf_DinTabEli* - que elimina a tabela dinâmica;
- *Conf_DinAuxSel* - que seleciona anos base em estudo;
- *Conf_DinCopiar* - que copia os dados da folha *Dados* para a folha *Din_aux*, a qual serve de base de referência para a construção da tabela dinâmica;
- *Conf_ActualizaDados* - que Actualiza *Dados_din* após introdução de novos dados.

b) Passar ao Ano Seguinte

Para a implementação da macro (*Conf_PassarFinal*), que permite realizar a tarefa de passar ao ano seguinte, foram usadas diversas macros, entre elas:

- *Conf_PassarPB* - que passa todos os dados da folha *Dados* a preto e branco;
- *Conf_PassarHist* - que copia todo o ano base a apagar da folha *Dados* para a folha *Dados_historico*;
- *Conf_PassarMover* - que move os dois últimos anos base para a primeira e segunda posição da tabela da folha *Dados*;
- *Conf_PassarCriar* - que cria o novo ano e altera os anos base em *Dados* a partir da folha *AnosRef*;
- *Conf_PassarCor* - que passa todos os dados da folha *Dados* a cor.

2. Manual de Utilizador

2.1. Primeiros Passos

Neste capítulo serão apresentados os requisitos mínimos, sistema e software para a execução da folha de cálculo *Analise_Telecontagem*.

2.1.1. Requisitos do Sistema

- Min.125MB de espaço livre no disco rígido (mais espaço, dependendo do volume de informações armazenadas)

2.1.2. Requisitos do Software

- Microsoft Office 2013, Excel

2.2. Conceitos Gerais

Neste capítulo serão abordadas as operações básicas de manipulação da folha de cálculo *Analise_Telecontagem*. A abertura e gravação dos documentos são tratadas, de forma direta, utilizando os comandos e recursos adequados para efetuar as operações descritas.

2.2.1. Abrir *Analise_Telecontagem*

Para iniciar *Analise_Telecontagem*, após abrir o Excel, deverá o utilizador escolher o comando **Abrir** do separador **Ficheiro** {Arquivo} ou, se entretanto criou um botão de atalho na **Barra de Ferramentas de Acesso Rápido**, deverá clicar no botão.

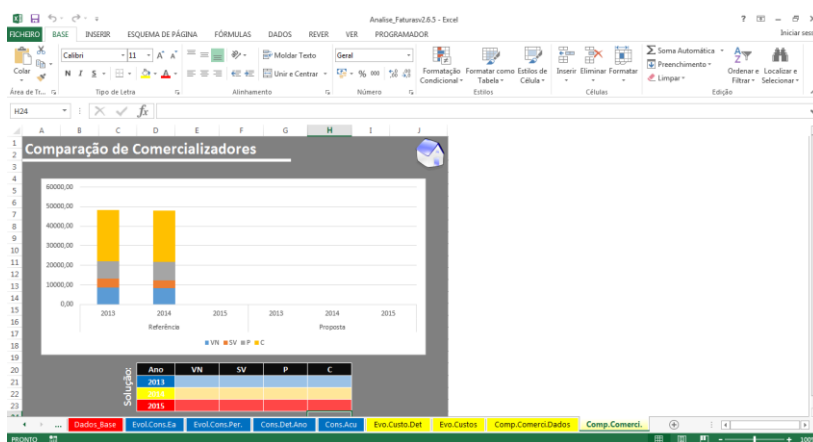


Figura B.9. Comando Abrir

Em qualquer dos casos, é apresentado o ambiente **Abrir**, que apresenta uma lista dos documentos recentes, assim como atalhos para serviços de armazenamento instalados. Se o

ficheiro *Análise de Telecontagem* estiver noutra pasta ou noutra unidade terá de optar, primeiro, pelo botão **Computador** e, depois, pelo botão **Procurar**.

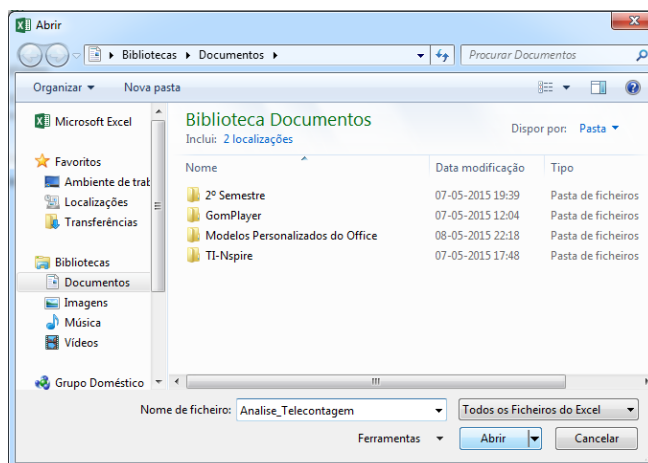


Figura B.10. Botão Procurar

O botão **Procurar** permite aceder à caixa de diálogo **Abrir** na qual é possível procurar e seleccionar o ficheiro a abrir. No **Nome de ficheiro** deverá colocar *Analise_Telecontagem* e, de seguida carregar em **Abrir**, acedendo assim a folha de cálculo *Análise de Telecontagem*.

Poderá realizar esta tarefa de uma forma mais fácil e sucinta, procurando a pasta onde tem guardado a folha de cálculo *Analise_Telecontagem* e, seguidamente clicando duas vezes sobre o ícone.

Ao abrir a folha de cálculo *Analise_Telecontagem* surgem sempre **duas mensagens iniciais**.

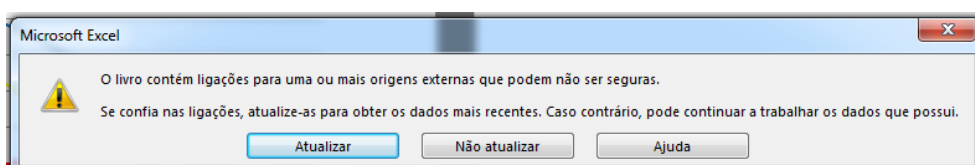


Figura B.11. Primeira mensagem inicial

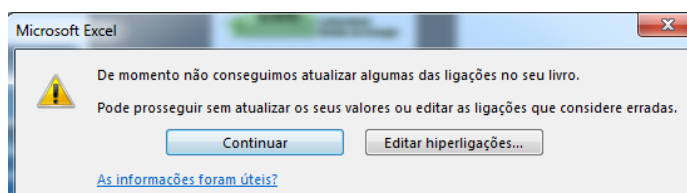


Figura B.12. Segunda mensagem inicial

Na primeira, tal como pode ser visto na Figura B.11, deverá clicar-se em **Atualizar**. Na segunda mensagem, tal como pode ser visto na Figura B.12, deverá clicar-se em **Continuar**.

Após termos efetuados estes passos encontramos-nos no menu inicial da folha de cálculo *Analise_Telecontagem*.

2.2.2. Guardar *Analise_Telecontagem*

Para guardar, quer seja em disco, em suporte amovível ou em nuvem, escolha o comando **Guardar** {Salvar} do separador **Ficheiro** {Arquivo}. Em alternativa, poderá clicar no botão de atalho na **Barra de Ferramentas de Acesso Rápido**.

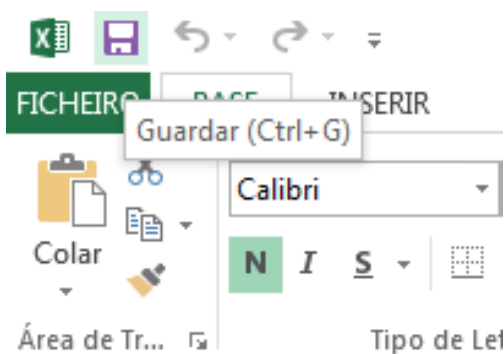


Figura B.13. Botão Guardar da Barra de Ferramentas de Acesso Rápido

2.3. Menu e Submenu

Neste capítulo será abordada a estrutura do menu inicial da folha de cálculo *Analise_Telecontagem* e do submenu Configuração do Sistema, sendo explicada a forma como o leitor visualiza e lida com a folha.

2.3.1. Menu Inicial

O **Menu Inicial** é constituído por uma janela com um conjunto de botões, onde poderá ser selecionada uma **folha** correspondente à função pretendida pelo utilizador ou o **submenu** de configuração do sistema.

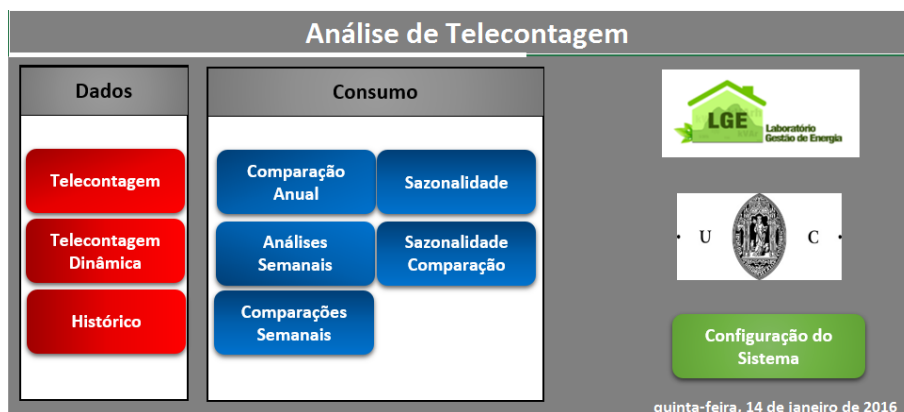


Figura B.14. Menu Principal

Para **aceder à função pretendida** deverá clicar sobre a respetiva caixa (**Telecontagem, Telecontagem Dinâmica, Histórico, Comparação Anual, Análises Semanais, Comparações Semanais, Sazonalidade, Sazonalidade Comparação, Configuração do Sistema**), conseguindo assim avançar no programa.

Sempre que pretenda **regressar** ao menu inicial deverá clicar sobre o ícone em forma de casa.



Figura B.15. Ícone para regressar ao menu inicial

2.3.2. Submenu Configuração do Sistema

O **Submenu** Configuração do Sistema é constituído por uma janela com três botões, onde poderá ser seleccionada uma das três opções distintas (**Restaurar Ano 2013, 2014, 2015, Passar ao Ano seguinte e Atualiza Dados**).



Figura B.16. Submenu Configuração do Sistema

Para **aceder à função pretendida** deverá clicar sobre a respetiva caixa. Para regressar ao **Menu** deverá clicar sobre o ícone em forma de casa.

2.4. Edição de Folhas

Neste capítulo será abordada a estrutura e como trabalhar com determinadas secções da folha de cálculo *Analise_Telecontagem*, sendo explicada a forma como o leitor visualiza e lida com a folha.

2.4.1. Telecontagem Dinâmica

A **Telecontagem dinâmica (Menu Inicial → Telecontagem Dinâmica)** permite analisar o consumo de forma mais fácil e intuitiva. Através das **Opções de Pesquisa** podemos seleccionar o **mês**, **dia** e **hora** que pretendemos consultar. Para isso deverá clicar sobre o **mês** que pretende visualizar, se pretender um **dia** específico deverá clicar no dia que pretende e o mesmo em relação à **hora**.

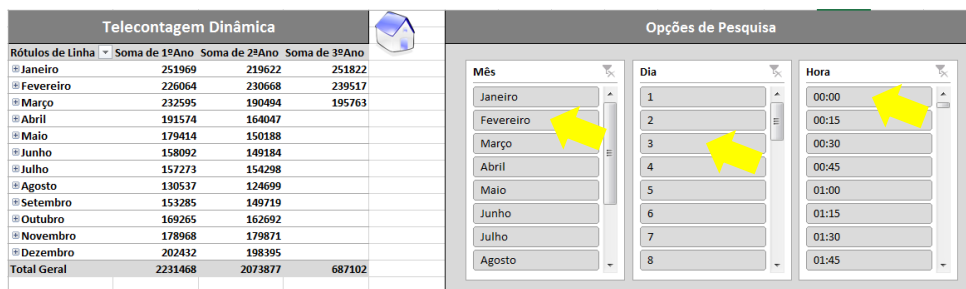


Figura B.17. Opções de Pesquisa

Para reiniciar o sistema de **Opções de Pesquisa** deverá clicar no canto superior direito de cada uma das opções, como ilustrado na figura que se segue.

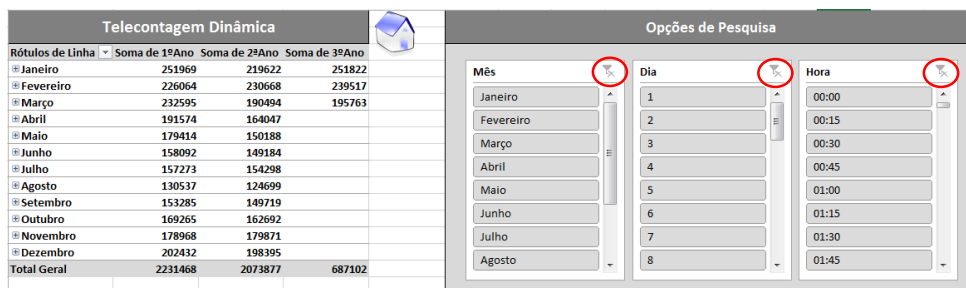


Figura B.18. Reiniciar sistema de Opções de Pesquisa

2.4.2. Análises Semanais

A folha **Análises Semanais (Menu Inicial → Análises Semanais)** permite obter o diagrama de carga com duração de uma semana a partir de uma data escolhida pelo utilizador. O utilizador terá de introduzir o **Ano** de referência (1,2,3) e a **Data** respetiva (por exemplo: 01-jan).

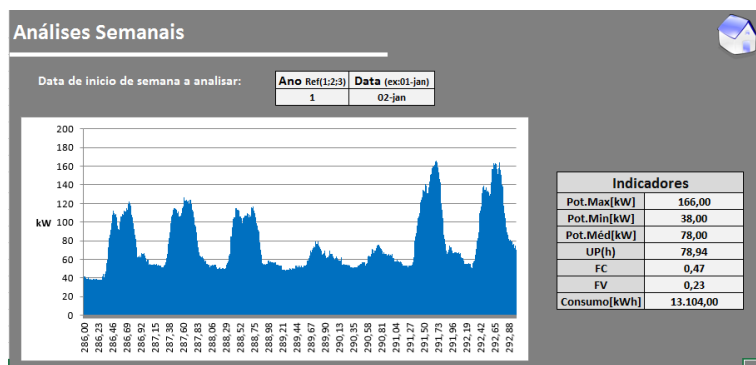


Figura B.19. Folha de Análises Semanais

2.4.3. Comparações Semanais

A folha **Comparações Semanais** (**Menu Inicial** → **Comparações Semanais**) permite obter o diagrama de carga com duração de uma semana a partir de duas datas escolhidas, para posteriormente serem comparadas. O utilizador terá de introduzir o **Ano** de referência (1,2,3) e a **Data** respetiva (por exemplo: 01-jan), para ambos os diagramas.

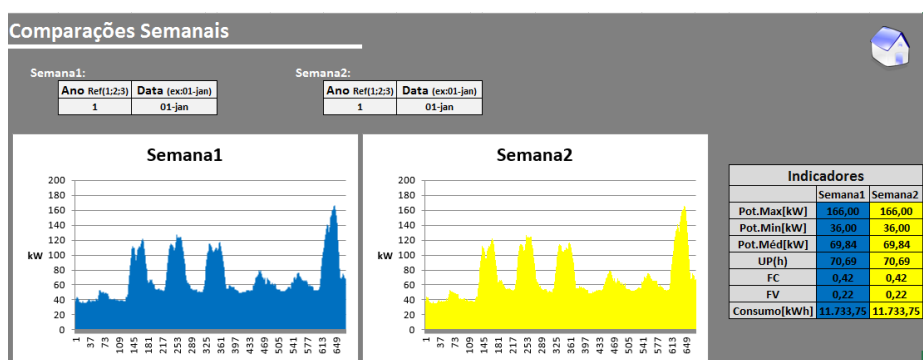


Figura B.20. Folha de Comparações Semanais

2.5. Configuração do Sistema

Neste capítulo serão abordadas as três funções para configurar o sistema da folha de cálculo *Analise_Telecontagem*, sendo explicada a forma como o leitor deverá executar tais funções para lidar com o sistema convenientemente.

2.5.1. Restaurar Ano 2013, 2014, 2015

Para restaurar a folha de cálculo *Analise_Telecontagem* para os anos consecutivos de 2013 a 2015 terá de clicar sobre **Configuração do Sistema** no **Menu Principal** e, de seguida, terá de clicar sobre **Restaurar Ano 2013, 2014, 2015** no submenu.



Figura B.21. Opção de Restaurar Ano 2013, 2014 e 2015

2.5.2. Passar ao Ano Seguinte

Para avançar um ano nos anos de referência na folha de cálculo *Analise_Telecontagem* terá de clicar sobre **Configuração do Sistema** no **Menu Principal** e, de seguida terá que clicar sobre **Passar ao Ano Seguinte** no submenu.



Figura B.22. Opção de Avançar um ano nos anos em estudo

2.5.3. Introdução de Dados

A introdução de dados na folha de cálculo *Analise_Telecontagem* está restrita à folha **Telecontagem**. Todo o programa será atualizado com os dados introduzidos nesta secção.

Para introduzir os dados relativamente aos três anos deverá completar as colunas D, E e F da folha **Telecontagem** (**Menu Inicial** → **Telecontagem**) com os respetivos anos de referência.

Mês	Dia	Hora			
Janeiro	1	00:00	Ano 1 de referência	Ano 2 de referência	Ano 3 de referência
Janeiro	1	00:15			
Janeiro	1	00:30			
Janeiro	1	00:45			
Janeiro	1	01:00			
Janeiro	1	01:15			
Janeiro	1	01:30			
Janeiro	1	01:45			
Janeiro	1	02:00			
Janeiro	1	02:15			
Janeiro	1	02:30			
Janeiro	1	02:45			
Janeiro	1	03:00			
Janeiro	1	03:15			
Janeiro	1	03:30			
Janeiro	1	03:45			
Janeiro	1	04:00			
Janeiro	1	04:15			
Janeiro	1	04:30			
Janeiro	1	04:45			
Janeiro	1	05:00			
Janeiro	1	05:15			

Figura B.23. Introdução de dados

Depois de introduzir os dados nas respetivas colunas deverá atualizar toda a folha de cálculo *Analise_Telecontagem*.

2.5.4. Atualizar Dados

Quando pretende introduzir dados novos, na secção de **Telecontagem**, terá de fazer uma atualização do sistema para que este assuma os novos valores em toda a folha de cálculo. Para isto

terá de clicar sobre **Configuração do Sistema** no **Menu Inicial** e, de seguida terá que clicar sobre **Actualiza Dados** no submenu.



terça-feira, 26 de maio de 2015
Figura B.24. Opção de Atualizar Dados

Apêndice C

Manual de Utilizador – Temporizador Programável

Índice

1. Modo de Funcionamento	97
2. Modo de Programação.....	97

1. Modo de Funcionamento



Figura C.1. Temporizador Programável

O temporizador programável possui três modos de funcionamento:

- modo ON – regula o funcionamento do temporizador programável como se tratasse de uma tomada comum;
- modo OFF – força o temporizador programável a permanecer desligado;
- modo AUTO – regula o funcionamento do temporizador programável de acordo com o horário pré-programado, permitindo o ligar/desligar dos aparelhos que se encontram a ser alimentados pelo mesmo.

2. Modo de Programação

Na figura abaixo é apresentada uma representação simbólica do ecrã do temporizador programável.

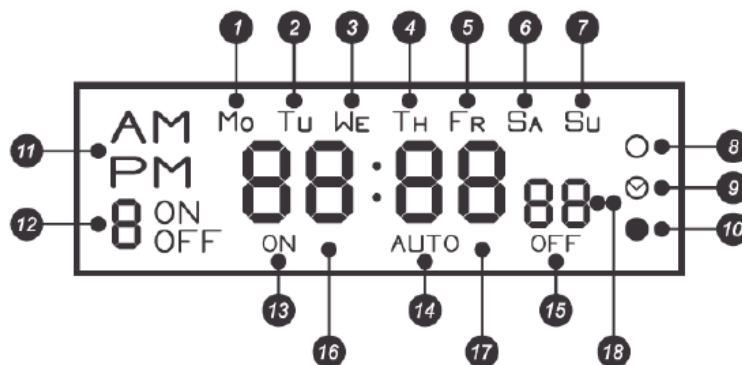


Figura C.2. Ecrã do temporizador programável

1 - Segunda-feira	7 - Domingo	13 - Modo ON
2 - Terça-feira	8 - Modo Aleatório	14 - Modo AUTO
3 - Quarta-feira	9 - Horário de Verão	15 - Modo OFF
4 - Quinta-feira	10 - Modo 24 horas	16 - Dígitos indicadores de horas
5 - Sexta-feira	11 - Modo 12 horas	17 - Dígitos indicadores de minutos
6 - Sábado	12 - Número de programa	18 - Dígitos indicadores de segundos

Primeiramente, é necessário ajustar a hora do relógio do temporizador programável à hora local atual. Para tal, 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).

Após isto, é necessário pré-definir o horário de funcionamento de cada dia da semana no temporizador programável, através das seguintes etapas:

- pressione PROG para escolher o modo de programação, de seguida, aparecerá 1 ON no canto inferior esquerdo;
- 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 respetiva;
- pressione PROG novamente, para ajustar o horário em que o temporizador programável irá desligar a carga, aparecerá 1 OFF no canto inferior esquerdo;
- repita o passo 2 para programar os períodos em que o temporizador programável irá desligar a carga respetiva;
- pressione PROG novamente, para proceder à programação do horário pretendido para cada dia.

Quando pretender reiniciar a programação do temporizador programável, bastará pressionar o botão R até o ecrã desligar.

Após todas as etapas anteriores realizadas, poderá acoplar a ficha da tomada do aquecedor elétrico ao temporizador programável digital e ligá-lo a uma tomada comum, para que tal comece a funcionar consoante o horário pré-definido. Por norma este temporizador têm uma potência máxima estipulada que varia entre 2200W e os 3500W.

Apêndice D

Medidas de Racionalização de Energia

Índice

1. Instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B e otimização da iluminação	107
1.1 Objetivo	107
1.2 Caraterização do espaço a intervir	107
1.3 Descrição e Implementação da medida	108
1.4 Custos de Implementação	110
1.5 Plano de Medição e Verificação	110
2. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório de Gestão de Energia (LGE)	111
2.1 Objetivo	111
2.2 Caraterização do espaço a intervir	111
2.3 Descrição e Implementação da medida	111
2.4 Ação de sensibilização.....	113
2.5 Custos de Implementação	113
2.6 Período de Retorno do Investimento	113
2.7 Plano de Medição e Verificação	114
2.7.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	114
2.7.2 Período de reporte	115
2.7.3 Método	115
2.7.4 Orçamento do plano M&V	116
3. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório de Eletrónica de Potência (LEP)	117
3.1 Objetivo	117
3.2 Caraterização do espaço a intervir	117
3.3 Descrição e Implementação da medida	118
3.4 Ação de sensibilização.....	119

3.5 Custos de Implementação	119
3.6 Período de Retorno do Investimento	119
3.7 Plano de Medição e Verificação	121
3.7.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	121
3.7.2 Período de reporte	121
3.7.3 Método	121
3.7.4 Orçamento do plano M&V	122
4. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório de Sistemas Eletromecânicos (LSE).....	123
4.1 Objetivo	123
4.2 Caracterização do espaço a intervir	123
4.3 Descrição e Implementação da medida	123
4.4 Ação de sensibilização.....	125
4.5 Custos de Implementação	125
4.6 Período de Retorno do Investimento	125
4.7 Plano de Medição e Verificação	126
4.7.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	126
4.7.2 Período de reporte	127
4.7.3 Método	127
4.7.4 Orçamento do plano M&V	128
5. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório Multidisciplinar	129
5.1 Objetivo	129
5.2 Caracterização do espaço a intervir	129
5.3 Descrição e Implementação da medida	129
5.4 Ação de sensibilização.....	131
5.5 Custos de Implementação	131

5.6 Período de Retorno do Investimento	131
5.7 Plano de Medição e Verificação	133
5.7.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	133
5.7.2 Período de reporte	133
5.7.3 Método	133
5.7.4 Orçamento do plano M&V	134
6. Desagregação do circuito de iluminação da sala R.6.1 – Sistemas e Redes de Computadores	135
6.1 Objetivo	135
6.2 Caracterização do espaço a intervir	135
6.3 Descrição e Implementação da medida	135
6.4 Custos de Implementação	136
6.5 Ação de sensibilização.....	136
6.6 Período de Retorno do Investimento	137
6.7 Plano de Medição e Verificação	137
6.7.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	137
6.7.2 Período de reporte	138
6.7.3 Método	138
6.7.4 Orçamento do plano M&V	139
7. Desagregação do circuito de iluminação da sala R.6.2 – Sistemas Digitais	141
7.1 Objetivo	141
7.2 Caracterização do espaço a intervir	141
7.3 Descrição e Implementação da medida	141
7.4 Ação de sensibilização.....	142
7.5 Custos de Implementação	143
7.6 Período de Retorno do Investimento	143

7.7 Plano de Medição e Verificação	144
7.7.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	144
7.7.2 Período de reporte	144
7.7.3 Método	144
7.7.4 Orçamento do plano M&V	145
8. Desagregação do circuito de iluminação do Corredor ao lado do Bar.....	147
8.1 Objetivo	147
8.2 Caraterização do espaço a intervir.....	147
8.3 Descrição e Implementação da medida	147
8.4 Custos de Implementação	148
8.5 Período de Retorno do Investimento	148
8.6 Plano de Medição e Verificação	149
8.6.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	149
8.6.2 Período de reporte	150
8.6.3 Método	150
8.6.4 Orçamento do plano M&V	150
9. Desagregação do circuito de iluminação do corredor dos gabinetes do piso 3.....	151
9.1 Objetivo	151
9.2 Caraterização do espaço a intervir.....	151
9.3 Descrição e Implementação da medida	151
9.4 Custos de Implementação	152
9.5 Período de Retorno do Investimento	153
9.6 Plano de Medição e Verificação	153
9.6.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	153
9.6.2 Período de reporte	154
9.6.3 Método	154

9.6.4 Orçamento do plano M&V	154
10. Otimização do sistema de iluminação das torres R, S e T	155
10.1 Objetivo	155
10.2 Caracterização do espaço a intervir	155
10.3 Descrição e Implementação da medida	156
10.4 Custos de Implementação	156
10.5 Período de Retorno do Investimento	156
10.6 Plano de Medição e Verificação	157
10.6.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	157
10.6.2 Período de reporte	158
10.6.3 Método	158
10.6.4 Orçamento do plano M&V	159
11. Substituição da tecnologia de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1	161
11.1 Objetivo	161
11.2 Caracterização do espaço a intervir	161
11.3 Descrição e Implementação da medida	161
11.4 Custos de Implementação	162
11.5 Período de Retorno do Investimento	162
11.6 Plano de Medição e Verificação	163
11.6.1 Opção de procedimento e fronteira de medição	163
11.6.2 Período de reporte	163
11.6.3 Método	163
11.6.4 Orçamento do plano M&V	164
12. Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos	165
12.1 Objetivo	165
12.2 Caracterização do espaço a intervir	165

12.3	Descrição e Implementação da medida	166
12.4	Ação de sensibilização.....	167
12.5	Plano de Medição e Verificação	167
13.	Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores	169
13.1	Objetivo	169
13.2	Caraterização do espaço a intervir.....	169
13.3	Descrição e Implementação da medida	169
13.4	Ação de sensibilização.....	170
13.5	Custos de Implementação.....	170
13.6	Período de Retorno do Investimento	170
13.7	Plano de Medição e Verificação	171
13.7.1	Opção de procedimento e fronteira de medição	171
13.7.2	Período de reporte	171
13.7.3	Método	171
13.7.4	Orçamento do plano M&V	172
14.	Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação	173
14.1	Objetivo	173
14.2	Caraterização do espaço a intervir.....	173
14.3	Descrição e Implementação da medida	173
14.4	Ação de sensibilização.....	174
14.5	Plano de Medição e Verificação	175

1. Instalação de detetores de ocupação na sala de estudo da torre B e otimização da iluminação

1.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge pelo facto de estarmos perante um espaço com elevadas dimensões e com uma potência instalada em iluminação elevada. Existe, ainda, um fator mais importante que consiste na iluminação ficar ligada quando não existe qualquer utilizador no espaço, levando a grandes desperdícios de energia.

As principais vantagens da implementação desta medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

1.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma área total de aproximadamente 350 m², com uma potência total instalada em iluminação de 1218 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto duplas com lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) de 18 W com balastos de 3 W.

Tabela D.1. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito 1	6	12	12	252	798
Circuito 2	6	12	12	252	
Circuito 3	7	14	14	294	
Circuito 4	8	16	16	336	420
Circuito 5	2	4	4	84	

A iluminação encontra-se distribuída por quatro zonas distintas, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

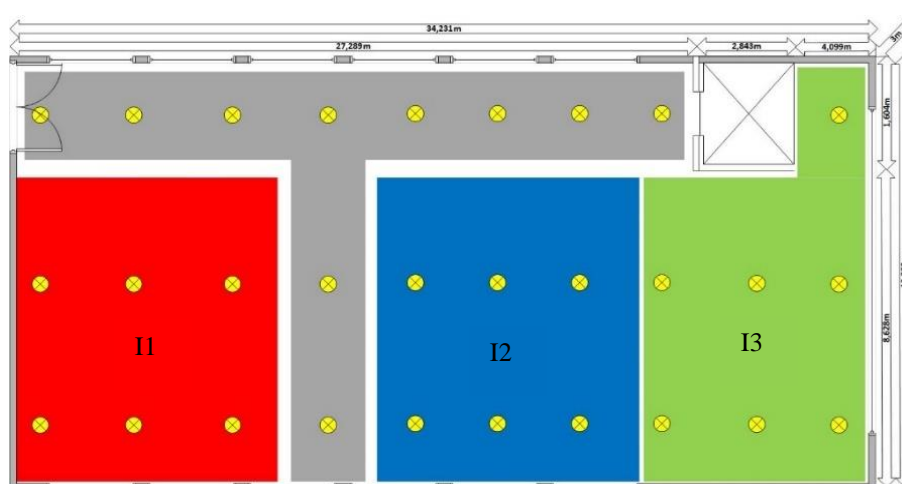


Figura D.1. Zonas de iluminação do espaço em estudo

As zonas 1, 2 e 3 são controladas por interruptores colocados à entrada do espaço, permitindo um controlo da iluminação por parte dos utilizadores. O principal problema do sistema de iluminação implementado advém de não existir capacidade para se desligar de forma automática. Deste modo, muitas vezes, as luminárias ficam ligadas ininterruptamente, originando desperdícios enormes de energia. Tal fenómeno pode ser visualizado nos diagramas de carga das figuras abaixo.

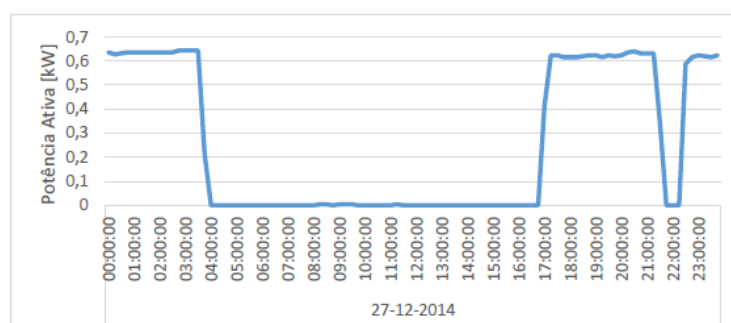


Figura D.2. Diagrama de carga da iluminação num dia de funcionamento regular

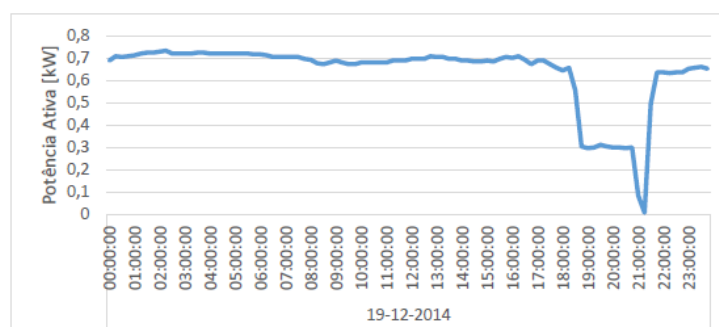


Figura D.3. Diagrama de carga da iluminação num dia de funcionamento irregular

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 112 dias úteis no primeiro semestre e 121 dias úteis no segundo semestre, perfazendo um total de 233 dias úteis. O número médio de horas de iluminação do espaço foi estimado em 12 horas diárias, uma vez que, mesmo durante o período diurno, a iluminação natural do espaço é muito reduzida. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 2796 horas/ano.

1.3. Descrição e Implementação da medida

A solução corretiva para evitar que a iluminação fique ligada ininterruptamente passa pela instalação de detetores de movimento com temporização, em locais apropriados. Desta forma consegue-se desligar a iluminação, caso não haja ocupantes no espaço, evitando assim grandes desperdícios energéticos.

Deverão ser instalados cinco detetores de movimento com temporização no espaço em es-

tudo. Na zona 1 deverá ser instalado um único sensor de movimento com uma temporização de 5 minutos, uma vez que é um espaço dedicado a trabalhos de grupo e de algum convívio para os utilizadores. Na zona 2 deverão ser implementados dois sensores de movimento com uma temporização de 15 minutos a funcionar, em modo paralelo, por forma a permitir detetar a ocupação da zona em questão, tentando evitar o desligar das luminárias na presença de utilizadores. Na zona 3 deverá ser replicado o processo da zona 2.

Na figura seguinte encontra-se a localização prevista para os detetores de movimento com temporização.

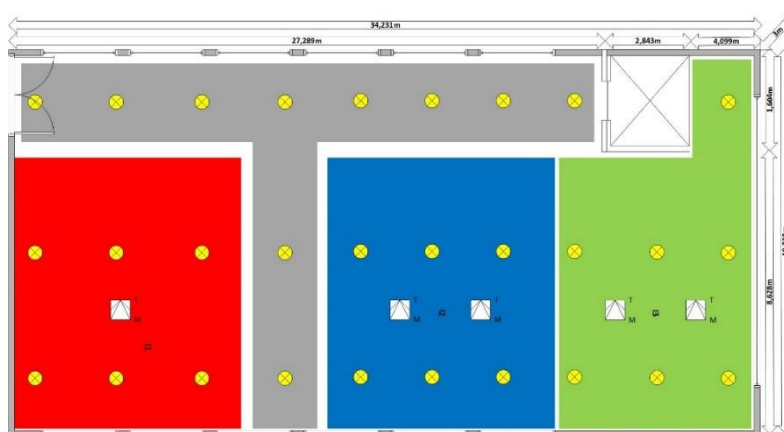


Figura D.4. Localização prevista dos detetores de movimento com temporização

Uma vez que o espaço é destinado a sala de estudo deveria existir um nível de iluminação ou iluminância de 300 lux. Através da ferramenta Dialux simulou-se o espaço em estudo, por forma a estudar possíveis melhorias na iluminação.

O cenário de referência de iluminação do espaço é apresentado na figura abaixo.

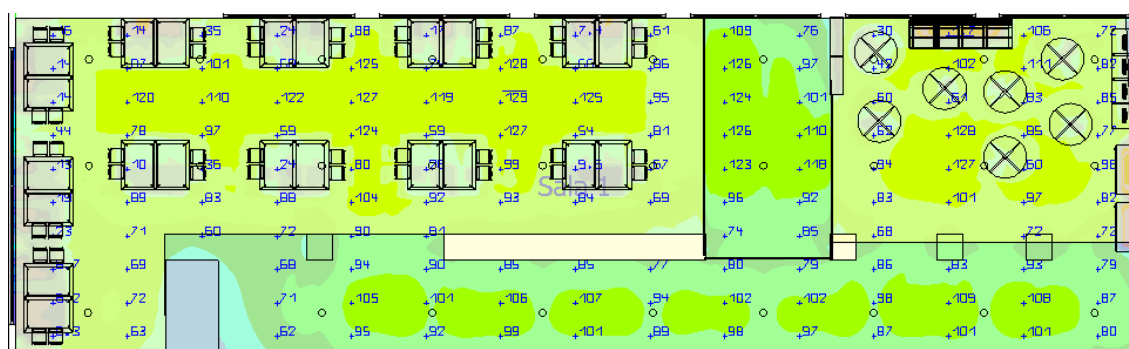


Figura D.5. Simulação em Dialux do cenário de referência

Como se pode ver o nível de iluminação é mais baixo do que o aconselhado para um espaço de estudo, apresentando um nível médio de intensidade luminosa de apenas 79,4 lux. Daí optar-se por alterar as lâmpadas das zonas 1, 2 e 3, por lâmpadas LED de 25 W com 2900 lm. Desta forma consegue-se aumentar o nível de iluminação do espaço para 123 lux. Tal facto pode ser visualizado

na figura abaixo.

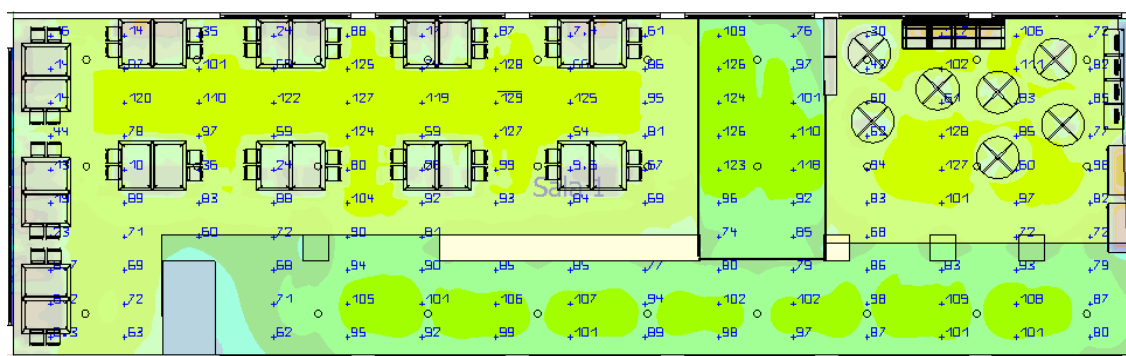


Figura D.6. Simulação em Dialux do novo cenário luminoso

Na tabela abaixo é apresentado um quadro de comparações de intensidade luminosa para o cenário de referência e o novo cenário luminoso.

Tabela D.2. Quadro de comparações de intensidade luminosa

	Cenário de Referência			Novo Cenário Luminoso		
	Geral	Zona 1	Zona 2 e 3	Geral	Zona 1	Zona 2 e 3
Densidade de luminância (cd/m ²)	1,15	-	-	1,79	-	-
Potência luminosa vertical (lux)	79,4	93,8	109	123	194	210
Potência luminosa horizontal (lux)	79,5	92,2	106	121	189	169

1.4. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.3. Custos de implementação da MRE

	Designação		Quant.		Preço		TOTAL
C/MRE	Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	60	m	1,37	€/m	537,20 €	
	Detetor Movimento c/Temporização	5	Unid.	15	€/Unid.		
	Lâmpadas	19	Unid.	20	€/Unid.		
	Mão-de-obra	0		0			

1.5. Plano de Medição e Verificação

Como se trata de uma medida de prevenção em que não se consegue estimar, com rigor, as poupanças resultantes da implementação da MRE optou-se por não elaborar nenhum plano de M&V. Mesmo assim pode-se estimar uma poupança de 323 W para o espaço, uma vez que com a alteração das luminárias da zona 1, 2 e 3 consegue-se baixar a potência total instalada para 895 W.

2. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório de Gestão de Energia (LGE)

2.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge porque estamos perante um laboratório com elevadas dimensões, com uma potência instalada em iluminação bastante elevada e com um número de horas de funcionamento semanal igualmente elevado.

As principais vantagens com a implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

2.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma área total de 94,6 m², com uma potência total instalada em iluminação de 940 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W com balastos de 11 W.

Tabela D.4. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito 1	5	10	10	470	940
Circuito 2	5	10	10	470	

A iluminação encontra-se distribuída por quatro circuitos agregados aos pares no quadro elétrico de sala, através de dois disjuntores Merlin Gerin C60H C10.

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo seja de 112 dias úteis no primeiro semestre e 121 dias úteis no segundo semestre, perfazendo um total de 233 dias úteis. O número médio de horas de iluminação do espaço foi estimado em 8 horas diárias, uma vez que, mesmo durante o período diurno, a iluminação natural do espaço é muito reduzida. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 1864 horas/ano.

Através da inspeção do local em estudo chega-se à conclusão que, na grande maioria do tempo, o espaço encontra-se apenas com metade da lotação e que os ocupantes encontram-se dispersos pelo mesmo, obrigando assim a que toda a iluminação se encontre ligada e leve a grandes desperdícios de energia.

2.3. Descrição e Implementação da medida

Como a iluminação apenas pode ser controlada pelos dois disjuntores impossibilita que

haja uma regulação, segundo a localização da ocupação do espaço, permitindo apenas o controlo de duas zonas distintas, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

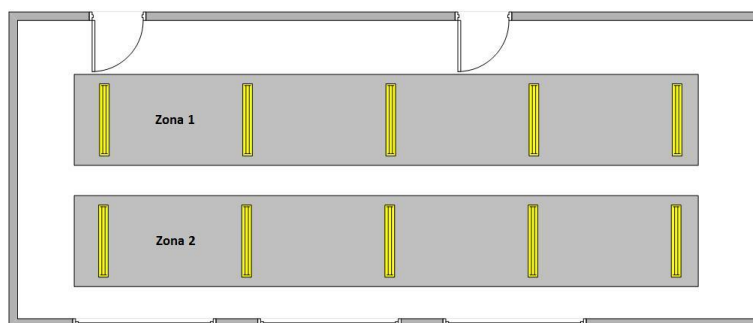


Figura D.7. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE

Esta solução provoca grandes desperdícios de energia. A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pela criação de quatro zonas distintas (Z1, Z2, Z3 e Z4), com a atribuição de um interruptor modular a cada uma delas (I1, I2, I3 e I4). Para tal é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação para um conjunto de quatro interruptores modulares.

Se não for permitida a divisão das luminárias pelas zonas de iluminação pretendidas será necessário alterar a configuração das caixas de derivação, refazendo as ligações das entradas e saídas das mesmas para construir a configuração pretendida.

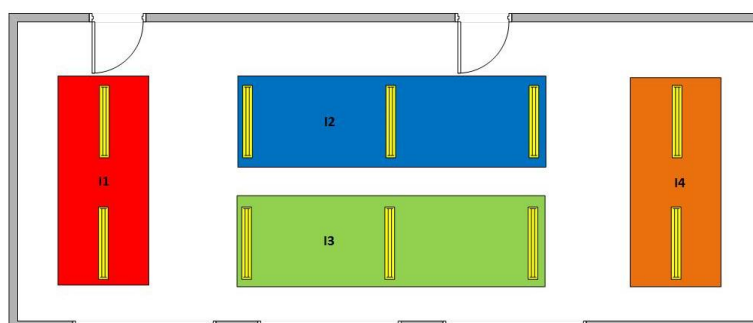


Figura D.8. Zonas de iluminação após aplicação da MRE

Além disto, foram ainda calculadas duas opções que poderão implementar-se com vista a uma maior otimização energética do espaço. A primeira consiste na substituição da tipologia de iluminação nas zonas 2 e 3, zonas mais utilizadas do espaço em estudo, por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W. A segunda consiste na substituição de toda a tipologia de iluminação por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18W.

Tabela D.5. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
C/MRE	Circuito1	2	4	4	188	940
	Circuito2	3	6	6	282	
	Circuito3	3	6	6	282	
	Circuito4	2	4	4	188	

Tabela D.5. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções (continuação)

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
C/MRE+ LED Parcial	Circuito1	2	4	4	188	592
	Circuito2	3	6	0	108	
	Circuito3	3	6	0	108	
	Circuito4	2	4	4	188	
C/MRE+ LED Total	Circuito1	2	4	0	72	360
	Circuito2	3	6	0	108	
	Circuito3	3	6	0	108	
	Circuito4	2	4	0	72	

2.4. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do espaço, através de uma breve explicação do funcionamento dos interruptores de iluminação. Mesmo assim, com o objetivo de tirar o máximo proveito do conjunto de interruptores, é fundamental colocar, no quadro elétrico da sala, uma pequena ilustração das diversas zonas de iluminação e dos interruptores associados.

2.5. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.6. Custos de implementação da MRE

		Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE		Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	10 m	1,37 €/m	18,70 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
C/MRE+LED Parcial		Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	10 m	1,37 €/m	198,70 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
		LED T8 G13	12 Unid.	15 €/Unid.	
C/MRE+LED Total		Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	10 m	1,37 €/m	318,70 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
		LED T8 G13	20 Unid.	15 €/Unid.	

2.6. Período de Retorno do Investimento

Na tabela abaixo é apresentado o número de lâmpadas por zona antes e após a implementação da MRE.

Tabela D.7. Número de lâmpadas por zona

Zonas		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1, Z2	Z1, Z3	Z1, Z4	Z2, Z3	Z2, Z4	Z3,Z4	Z1,Z2,Z3	Z2,Z3,Z4
Nº	s/MRE	20	10	10	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Lâmp.	c/MRE	4	6	6	4	10	10	8	12	10	10	16	16

Através da Tabela D.7 é possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação conseguidas com a implementação da MRE. A estimativa das poupanças

por zona e a média global de poupança da MRE encontra-se na Tabela D.8. Também é possível comparar as poupanças, atuando apenas no controlo da iluminação (c/MRE), no controlo da iluminação e alteração da tecnologia de iluminação nas zonas mais utilizadas (c/MRE+LED Parcial) e no controlo da iluminação e alteração total da tecnologia de iluminação (c/MRE+LED Total).

Tabela D.8. Estimativa das poupanças resultantes com a 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
Potência (W)	s/MRE	940	470	470	940	940	940	940	940	940	940	940	940	861,7
	c/MRE	188	282	282	188	470	470	376	564	470	470	752	752	438,7
	c/MRE+LED Parcial	188	108	108	188	296	296	376	216	296	296	404	404	264,7
	c/MRE+LED Total	72	108	108	72	180	180	144	216	180	180	288	288	168,0
Poupança (W)	c/MRE	752	188	188	752	470	470	564	376	470	470	188	188	423,0
	c/MRE+LED Parcial	752	362	362	752	644	644	564	724	644	644	536	536	597,0
	c/MRE+LED Total	868	362	362	868	760	760	796	724	760	760	652	652	693,7
Poupança (%)	c/MRE	80,0	40,0	40,0	80,0	50,0	50,0	60,0	40,0	50,0	50,0	20,0	20,0	48,3
	c/MRE+LED Parcial	80,0	77,0	77,0	80,0	68,5	68,5	60,0	77,0	68,5	68,5	57,0	57,0	69,9
	c/MRE+LED Total	92,3	77,0	77,0	92,3	80,9	80,9	84,7	77,0	80,9	80,9	69,4	69,4	80,2

Da análise da tabela observamos que a poupança média com a implementação da MRE irá rondar os 48,3%, com a implementação da MRE+LED Parcial irá rondar os 69,9% e com a implementação da MRE+LED Total irá rondar os 80,2%. Apresentam-se, na Tabela D.9, as poupanças energéticas anuais para as diversas opções, tendo em conta o consumo anual em iluminação de 1606,15 kWh.

Tabela D.9. Poupança para as variadas opções

Medida	Poupança Anual (kWh)	Poupança Anual (€)
MRE	788	114
MRE+LED Parcial	1.113	161
MRE+LED Total	1.293	187

Aplicando a medida MRE+LED Total obtemos uma poupança anual de 187 €. Assim, optou-se por implementar esta solução uma vez que no final do período de concretização do PREn iremos obter uma poupança de 10344 kWh equivalente a 1495 €. Como o investimento inicial é de 318,70 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 21 meses.

2.7. Plano de Verificação e Medição

2.7.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de ocupação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de ocupação do espaço em estudo).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas LED T8 G13 de 18 W – 20 unidades
- Número de horas médio de referência: 1864 h/ano – obtido por estimativa

2.7.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo este ser dividido de igual forma pelo período legal de inverno e pelo período legal de verão. O facto 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 seja o mais aproximado possível do mundo real.

2.7.3. Método

O plano M&V passará pelo preenchimento de um inquérito por parte das pessoas a frequentar o espaço em estudo, tal como o representado na Figura D.9. O utilizador do espaço deverá preencher o questionário à entrada com a data, hora de entrada e interruptores de iluminação que foram ligados. À saída do espaço, o utilizador deverá registar também a hora de saída.

Plano de Medição e Verificação (M&V)									
Laboratório de Gestão de Energia (LGE)									
Data (dd-mm-aa)	Hora de entrada		Hora de saída		Interruptor(es)-Ligados				Observações
	(HH)	(mm)	(HH)	(mm)	I1	I2	I3	I4	
10-12-2014	12	45	13	30		x			Lâmpada Avariada

Figura D.9. Inquérito do plano de M&V

Após o período de reporte, em que será preenchido o inquérito, deve proceder-se ao preen-

chimento da folha de cálculo com o nome M&V_LGE, onde deve ser introduzidos os dados que constam na folha do inquérito. Posteriormente à introdução dos dados é necessário fazer a separação das horas de ocupação dos registos pelos diversos períodos horários. Com as etapas anteriormente realizadas será possível obter o número de horas total de ocupação do LGE e o custo associado à faturação de energia elétrica, sendo ainda possível comparar estes dados com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

2.7.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

3. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório de Eletrónica de Potência (LEP)

3.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge porque estamos perante um laboratório com grandes dimensões, com uma potência instalada em iluminação bastante elevada e com um número de horas de funcionamento semanal igualmente elevado.

As principais vantagens da implementação desta medida são: redução de consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

3.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma área total de 183,2 m², com uma potência total instalada em iluminação de 1692 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W com balastos de 11 W.

Tabela D.10. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito 1	9	18	18	846	1692
Circuito 2	9	18	18	846	

A iluminação encontra-se distribuída por quatro circuitos, agregados aos pares, no quadro elétrico de sala, através de dois disjuntores Merlin Gerin C60H C10.

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 112 dias úteis no primeiro semestre e 121 dias úteis no segundo semestre, perfazendo um total de 233 dias úteis. O número médio de horas de iluminação do espaço foi estimado em 8 horas diárias, uma vez que mesmo durante o período diurno a iluminação natural do espaço é muito reduzida. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 1864 horas/ano.

O laboratório de Eletrónica de Potência é, maioritariamente, frequentado por alunos a desenvolver dissertações e por alunos que frequentam aulas práticas da cadeira de Eletrónica de Potência. Os alunos a desenvolver dissertações estabelecem o seu local de trabalho no último terço da sala, enquanto que os alunos a frequentar a cadeira de Eletrónica de Potência estabelecem o seu local de trabalho nos dois primeiros terços do laboratório. Nem sempre é necessário que certas zonas do espaço estejam iluminadas, uma vez que o último terço da sala é o espaço mais usado ao longo do ano. Os alunos que se encontram a desenvolver dissertações terão de ligar,

obrigatoriamente, os dois disjuntores disponíveis para iluminar o seu posto de trabalho, ligando assim toda a iluminação do espaço envolvente que leva a um claro desperdício de energia.

3.3. Descrição e Implementação da medida

Como a iluminação apenas pode ser controlada pelos dois disjuntores impossibilita que haja uma regulação, segundo a localização da ocupação do espaço, permitindo apenas o controlo de duas zonas distintas, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

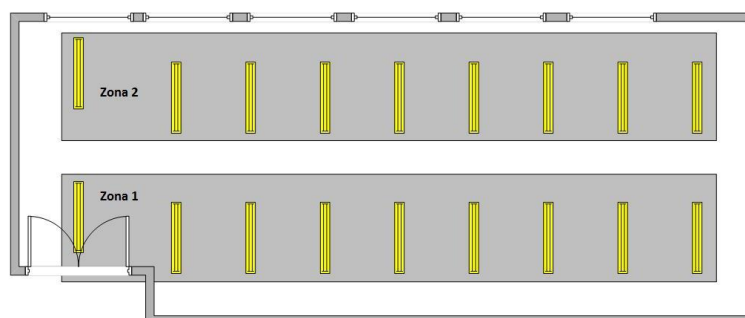


Figura D.10. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE

Esta solução provoca grandes desperdícios de energia. A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pela criação de quatro zonas distintas (Z1, Z2, Z3 e Z4), com a atribuição de um interruptor modular a cada uma delas (I1, I2, I3 e I4). Para tal é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação para um conjunto de quatro interruptores modulares.

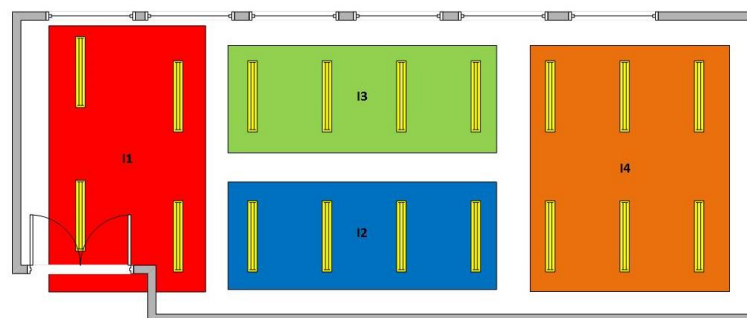


Figura D.11. Zonas de iluminação após aplicação da MRE

Se não for permitida a divisão das luminárias pelas zonas de iluminação pretendidas será necessário alterar a configuração das caixas de derivação, refazendo as ligações das entradas e saídas das mesmas para construir a configuração pretendida.

Além disto foram ainda calculadas duas opções que poderão implementar-se com vista a uma maior otimização energética do espaço. A primeira consiste na substituição da tipologia de iluminação na zona 4, zona mais utilizada do espaço em estudo, por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W. A segunda consiste na substituição de toda a tipologia

de iluminação por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W.

Tabela D.11. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
C/MRE	Circuito1	4	8	8	376	1692
	Circuito2	4	8	8	376	
	Circuito3	4	8	8	376	
	Circuito4	6	12	12	564	
C/MRE+LED Parcial	Circuito1	4	8	8	376	1344
	Circuito2	4	8	8	376	
	Circuito3	4	8	8	376	
	Circuito4	6	12	0	216	
C/MRE+LED Total	Circuito1	4	8	0	144	648
	Circuito2	4	8	0	144	
	Circuito3	4	8	0	144	
	Circuito4	6	12	0	216	

3.4. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do espaço, através de uma breve explicação do funcionamento dos interruptores de iluminação. Mesmo assim, com o objetivo de tirar o máximo proveito do conjunto de interruptores, é fundamental colocar uma pequena ilustração, no quadro elétrico da sala, das diversas zonas de iluminação e dos interruptores associados.

3.5. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.12. Custos de implementação da MRE

		Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE		Cabo H05VV-F 4x1,5mm2	20 m	1,37 €/m	32,40 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
C/MRE+LED Parcial		Cabo H05VV-F 4x1,5mm2	20 m	1,37 €/m	212,40 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
		LED T8 G13	12 Unid.	15 €/Unid.	
C/MRE+LED Total		Cabo H05VV-F 4x1,5mm2	20 m	1,37 €/m	572,40 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
		LED T8 G13	36 Unid.	15 €/Unid.	

3.6. Período de Retorno do Investimento

Na tabela abaixo é apresentado o número de lâmpadas por zona antes e após a implementação da MRE.

Tabela D.13. Número de lâmpadas por zona

Zonas		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1, Z2	Z1, Z3	Z1, Z4	Z2, Z3	Z2, Z4	Z3,Z4	Z1,Z2,Z3	Z2,Z3,Z4
Nº	s/MRE	36	18	18	36	36	36	36	36	36	36	36	36
Lâmp.	c/MRE	8	8	8	12	16	16	20	16	20	20	24	28

Através da Tabela D.13 é possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação conseguidas com a implementação da MRE. A estimativa das poupanças por zona e a média global de poupança da MRE encontra-se na Tabela D.14. Também é possível comparar as poupanças, atuando apenas no controlo da iluminação (c/MRE), no controlo da iluminação e alteração da tecnologia de iluminação nas zonas mais utilizadas (c/MRE+LED Parcial) e no controlo da iluminação e alteração total da tecnologia de iluminação (c/MRE+LED Total).

Tabela D.14. Estimativa das poupanças resultantes com a 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
Potência (W)	s/MRE	1692	846	846	1692	1692	1692	1692	1692	1692	1692	1692	1692	1551,0
	c/MRE	376	376	376	564	752	752	940	752	940	940	1128	1316	767,7
	c/MRE+LED Parcial	376	376	376	216	752	752	592	752	592	592	1128	968	622,7
	c/MRE+LED Total	144	144	144	216	288	288	360	288	360	360	432	504	294,0
Poupança (W)	c/MRE	1316	470	470	1128	940	940	752	940	752	752	564	376	783,3
	c/MRE+LED Parcial	1316	470	470	1476	940	940	1100	940	1100	1100	564	724	928,3
	c/MRE+LED Total	1548	702	702	1476	1404	1404	1332	1404	1332	1332	1260	1188	1257,0
Poupança (%)	c/MRE	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
	c/MRE+LED Parcial	77,8	55,6	55,6	87,2	55,6	55,6	65,0	55,6	65,0	65,0	33,3	42,8	59,5
	c/MRE+LED Total	91,5	83,0	83,0	87,2	83,0	83,0	78,7	83,0	78,7	78,7	74,5	70,2	81,2

Da análise da tabela observamos que a poupança média com a implementação da MRE irá rondar os 50,9%, com a implementação da MRE+LED Parcial irá rondar os 59,5% e com a implementação da MRE+LED Total irá rondar os 81,2%. Apresentam-se, na Tabela D.15, as poupanças energéticas anuais para as diversas opções tendo em conta o consumo anual em iluminação de 2891,06 kWh.

Tabela D.15. Poupança para as variadas opções

Medida	Poupança Anual (kWh)	Poupança Anual (€)
MRE	1.460	211
MRE+LED Parcial	1.730	250
MRE+LED Total	2.343	339

Aplicando a medida MRE+LED Total obtemos uma poupança anual de 339 €. Assim optou-se por implementar esta solução uma vez que no final do período de concretização do PReN iremos obter uma poupança de 18744 kWh equivalente a 2709 €. Como o investimento inicial é de 572,40 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 1 ano e 9 meses.

3.7. Plano de Medição e Verificação

3.7.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de ocupação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de ocupação do espaço em estudo).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas LED T8 G13 de 18 W – 36 unidades
- Número de horas médio de referência: 1864 h/ano – obtido por estimativa

3.7.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo este ser dividido de igual forma pelo período legal de inverno e pelo período legal de verão. O facto 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 seja o mais aproximado possível do mundo real.

3.7.3. Método

O plano M&V passará pelo preenchimento de um inquérito por parte das pessoas a frequentar o espaço em estudo, tal como o representado na Figura D.12.

O utilizador do espaço deverá preencher o questionário à entrada com a data, hora de entrada e interruptores de iluminação que foram ligados. À saída do espaço, o utilizador deverá registar também a hora de saída.

Após o período de reporte em que será preenchido o inquérito, deve proceder-se ao preenchimento da folha de cálculo com o nome M&V_LEP, onde deve ser introduzidos os dados que constam na folha do inquérito. Posteriormente à introdução dos dados é necessário fazer a separação das horas de ocupação dos registos pelos diversos períodos horários. Com as etapas anteriormente realizadas será possível obter o número de horas total de ocupação do LEP e o custo

associado na faturação de energia elétrica, sendo ainda possível comparar estes dados com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

Plano de Medição e Verificação (M&V)									
Laboratório de Eletrónica de Potência (LEP)									
Data	Hora de entrada		Hora de saída		Interruptor(es)- Ligados				Observações
	(dd-mm-aa)	(HH)	(mm)	(HH)	(mm)	I1	I2	I3	
10-12-2014	12	45	13	30		x			Lâmpada Avariada

Figura D.12. Inquérito do plano de M&V

3.7.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

4. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório de Sistemas Eletromecânicos (LSE)

4.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge porque estamos perante um laboratório com elevadas dimensões, com uma potência instalada em iluminação bastante elevada e com um número de horas de funcionamento semanal igualmente elevado.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

4.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma área total de 167,2 m², com uma potência total instalada em iluminação de 1504 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W com balastos de 11 W.

Tabela D.16. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito 1	8	16	16	752	1504
Circuito 2	8	16	16	752	

A iluminação encontra-se distribuída por quatro circuitos, agregados aos pares, no quadro elétrico de sala, através de dois disjuntores Merlin Gerin C60H C10.

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo seja de 112 dias úteis no primeiro semestre e 121 dias úteis no segundo semestre, perfazendo um total de 233 dias úteis. O número médio de horas de iluminação do espaço foi estimado em 8 horas diárias, uma vez que mesmo durante o período diurno a iluminação natural do espaço é muito reduzida. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 1864 horas/ano.

O espaço em estudo é frequentado por alunos a desenvolver dissertações e investigação que estabelecem o seu local de trabalho em diversos pontos de sala. Uma vez que o controlo da iluminação é feito, apenas, em dois disjuntores implica que, na grande maioria do tempo, a iluminação tenha de estar toda ligada, implicando grandes desperdícios de energia.

4.3. Descrição e Implementação da medida

Como a iluminação apenas pode ser controlada pelos dois disjuntores impossibilita que,

haja uma regulação segundo a localização da ocupação do espaço, permitindo apenas o controlo de duas zonas distintas, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

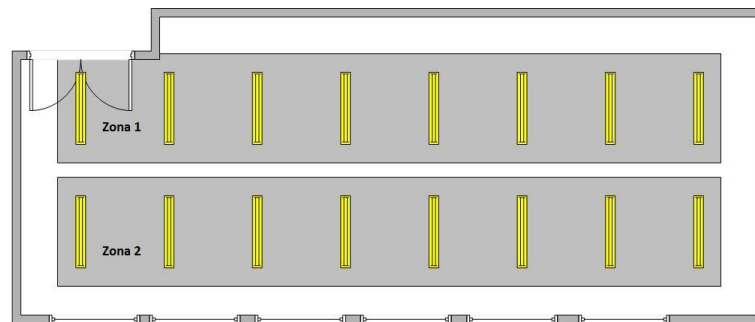


Figura D.13. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE

Esta solução provoca grandes desperdícios de energia. A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pela criação de quatro zonas distintas (Z1, Z2, Z3 e Z4), com a atribuição de um interruptor modular a cada uma delas (I1, I2, I3 e I4). Para tal é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação para um conjunto de quatro interruptores modulares.

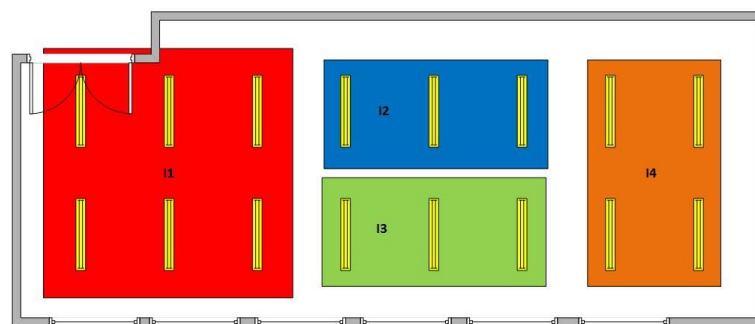


Figura D.14. Zonas de iluminação após aplicação da MRE

Se não for permitida a divisão das luminárias pelas zonas de iluminação pretendidas será necessário alterar a configuração das caixas de derivação, refazendo as ligações das entradas e saídas das mesmas para construir a configuração pretendida.

Além disto foram ainda, calculadas duas opções que poderão implementar-se com vista a uma maior otimização energética do espaço. A primeira consiste na substituição da tipologia de iluminação na zona 1, zona mais utilizada do espaço em estudo, por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W. A segunda consiste na substituição de toda a tipologia de iluminação por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W.

Tabela D.17. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
C/MRE	Circuito1	6	12	12	564	1504
	Circuito2	3	6	6	282	
	Circuito3	3	6	6	282	
	Circuito4	4	8	8	376	

Tabela D.17. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções (continuação)

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
C/MRE+ LED Parcial	Circuito1	6	12	0	216	1156
	Circuito2	3	6	6	282	
	Circuito3	3	6	6	282	
	Circuito4	4	8	8	376	
C/MRE+ LED Total	Circuito1	6	12	0	216	576
	Circuito2	3	6	0	108	
	Circuito3	3	6	0	108	
	Circuito4	4	8	0	144	

4.4. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do espaço, através de uma breve explicação do funcionamento dos interruptores de iluminação. Mesmo assim, com o objetivo de tirar o máximo proveito do conjunto de interruptores, é fundamental colocar uma pequena ilustração, no quadro elétrico da sala, das diversas zonas de iluminação e dos interruptores associados.

4.5. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.18. Custos de implementação da MRE

		Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE		Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	20 m	1,37 €/m	32,40 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
C/MRE+LED Parcial		Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	20 m	1,37 €/m	212,40 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
		LED T8 G13	12 Unid.	15 €/Unid.	
C/MRE+LED Total		Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	20 m	1,37 €/m	512,40 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
		LED T8 G13	32 Unid.	15 €/Unid.	

4.6. Período de Retorno do Investimento

Na tabela abaixo é apresentado o número de lâmpadas por zona antes e após a implementação da MRE.

Tabela D.19. Número de lâmpadas por zona

Zonas		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1, Z2	Z1, Z3	Z1, Z4	Z2, Z3	Z2, Z4	Z3,Z4	Z1,Z2,Z3	Z2,Z3,Z4
Nº Lâmp.	s/MRE	32	16	16	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	c/MRE	12	6	6	8	18	18	20	12	14	14	24	20

Através da Tabela D.19 é possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação conseguidas com a implementação da MRE. A estimativa das poupanças por zona e a média global de poupança da MRE encontra-se na Tabela D.20. Também

é possível comparar as poupanças, atuando apenas no controlo da iluminação (c/MRE), no controlo da iluminação e alteração da tecnologia de iluminação nas zonas mais utilizadas (c/MRE+LED Parcial) e no controlo da iluminação e alteração total da tecnologia de iluminação (c/MRE+LED Total).

Tabela D.20. Estimativa das poupanças resultantes com a 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
Potência (W)	s/MRE	1504	752	752	1504	1504	1504	1504	1504	1504	1504	1504	1504	1378,7
	c/MRE	564	282	282	376	846	846	940	564	658	658	1128	940	673,7
	c/MRE+LED Parcial	216	282	282	376	498	498	592	564	658	658	780	940	528,7
	c/MRE+LED Total	216	108	108	144	324	324	360	216	252	252	432	360	258,0
Poupança (W)	c/MRE	940	470	470	1128	658	658	564	940	846	846	376	564	705,0
	c/MRE+LED Parcial	1288	470	470	1128	1006	1006	912	940	846	846	724	564	850,0
	c/MRE+LED Total	1288	644	644	1360	1180	1180	1144	1288	1252	1252	1072	1144	1120,7
Poupança (%)	c/MRE	62,5	62,5	62,5	75,0	43,8	43,8	37,5	62,5	56,3	56,3	25,0	37,5	52,1
	c/MRE+LED Parcial	85,6	62,5	62,5	75,0	66,9	66,9	60,6	62,5	56,3	56,3	48,1	37,5	61,7
	c/MRE+LED Total	85,6	85,6	85,6	90,4	78,5	78,5	76,1	85,6	83,2	83,2	71,3	76,1	81,6

Da análise da tabela observamos que a poupança média com a implementação da MRE irá rondar os 52,1%, com a implementação da MRE+LED Parcial irá rondar os 61,7% e com a implementação da MRE+LED Total irá rondar os 81,6%. Apresentam-se, na Tabela D.21, as poupanças energéticas anuais para as diversas opções tendo em conta o consumo anual em iluminação de 2569,83 kWh.

Tabela D.21. Poupança para as variadas opções

Medida	Poupança Anual (kWh)	Poupança Anual (€)
MRE	1.314	190
MRE+LED Parcial	1.584	229
MRE+LED Total	2.089	302

Aplicando a medida MRE+LED Total obtemos uma poupança anual de 302 €. Assim optou-se por implementar esta solução uma vez que no final do período de concretização do PReN iremos obter uma poupança de 16711 kWh equivalente a 2416 €. Como o investimento inicial é de 512,40 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 1 ano e 9 meses.

4.7. Plano de Medição e Verificação

4.7.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de ocupação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de ocupação do espaço em estudo).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas LED T8 G13 de 18 W – 32 unidades
- Número de horas médio de referência: 1864 h/ano – obtido por estimativa

4.7.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para se saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo este ser dividido de igual forma pelo período legal de inverno e pelo período legal de verão. O facto 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 seja o mais aproximado possível do mundo real.

4.7.3. Método

O plano M&V passará pelo preenchimento de um inquérito por parte das pessoas a frequentar o espaço em estudo, tal como o representado na figura abaixo. O utilizador do espaço deverá preencher o questionário à entrada com a data, hora de entrada e interruptores de iluminação que foram ligados. À saída do espaço, o utilizador deverá registar também a hora de saída.

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	
10-12-2014	12	45	13	30		x			Lâmpada Avariada

Figura D.15. Inquérito do plano de M&V

Após o período de reporte em que será preenchido o inquérito, deve proceder-se ao preen-

chimento da folha de cálculo com o nome M&V_LSE, onde deve ser introduzidos os dados que constam na folha do inquérito. Posteriormente à introdução dos dados é necessário fazer a separação das horas de ocupação dos registos pelos diversos períodos horários. Com as etapas anteriormente realizadas será possível obter o número de horas total de ocupação do LSE e o custo associado à faturação de energia elétrica, sendo ainda possível comparar estes dados com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

4.7.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

5. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório Multidisciplinar

5.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge pelo facto de estarmos perante um laboratório com elevadas dimensões e com uma potência instalada em iluminação bastante elevada.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

5.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma potência total instalada em iluminação de 1128 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W com balastos de 11 W.

Tabela D.22. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito 1	6	12	12	564	1128
Circuito 2	6	12	12	564	

A iluminação encontra-se distribuída por quatro circuitos, agregados aos pares, no quadro elétrico de sala, através de dois disjuntores Merlin Gerin C60H C10.

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 112 dias úteis no primeiro semestre e 121 dias úteis no segundo semestre, perfazendo um total de 233 dias úteis. O número médio de horas de iluminação do espaço foi estimado em 2 horas diárias. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 466 horas/ano.

Através da inspeção do local em estudo chega-se à conclusão que na grande maioria do tempo do funcionamento do espaço, encontram-se apenas as duas pessoas responsáveis pelo laboratório. Estas estabelecem como local de trabalho uma pequena porção de espaço à entrada do mesmo. Em dias de fraca luminosidade, para iluminar este espaço é necessário ligar todas as luminárias associadas ao circuito de iluminação do lado das janelas, originando assim grandes desperdícios de energia.

5.3. Descrição e Implementação da medida

Como a iluminação apenas pode ser controlada pelos dois disjuntores impossibilita que ha-

ja uma regulação segundo a localização da ocupação do espaço, permitindo apenas o controlo de duas zonas distintas, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

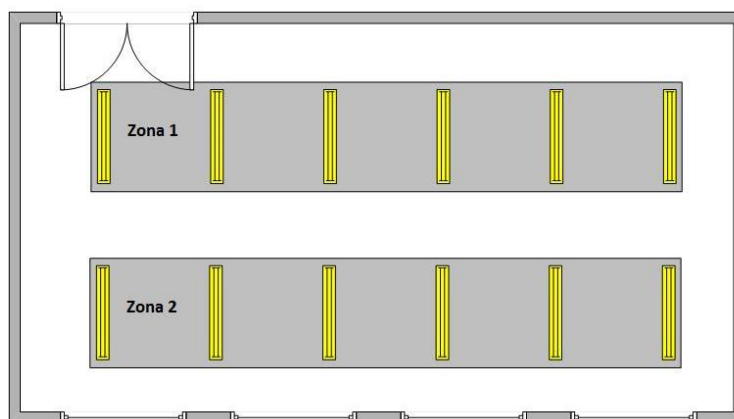


Figura D.16. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE

Esta solução provoca grandes desperdícios de energia. A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pela criação de quatro zonas distintas (Z1, Z2, Z3 e Z4), com a atribuição de um interruptor modular a cada uma delas (I1, I2, I3 e I4). Para tal é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação para um conjunto de quatro interruptores modulares.

Se não for permitida a divisão das luminárias pelas zonas de iluminação pretendidas, será necessário alterar a configuração das caixas de derivação, refazendo as ligações das entradas e saídas para construir a configuração pretendida.

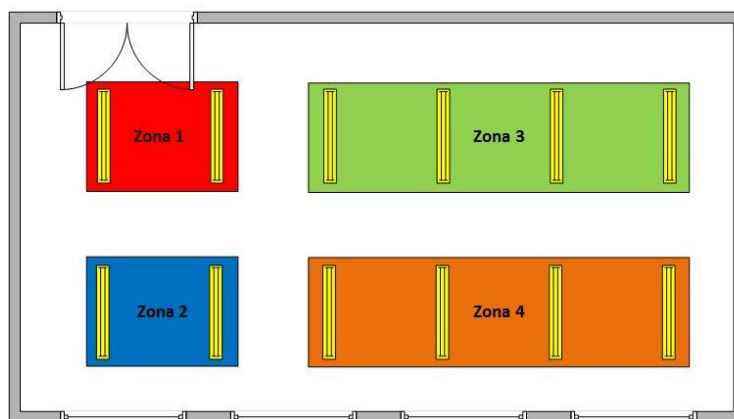


Figura D.17. Zonas de iluminação após aplicação da MRE

Além disto foram ainda calculadas duas opções que poderão ser implementadas com vista a uma maior otimização energética do espaço. A primeira consiste na substituição da tipologia de iluminação na zona 2, zona mais utilizada do espaço em estudo, por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W. A segunda consiste na substituição de toda a tipologia de iluminação por luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas LED T8 G13 de 18 W.

Tabela D.23. Potência total instalada em iluminação nas diversas opções

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
C/MRE	Circuito1	2	4	4	188	1128
	Circuito2	2	4	4	188	
	Circuito3	4	8	8	376	
	Circuito4	4	8	8	376	
C/MRE+LED Parcial	Circuito1	2	4	4	188	1012
	Circuito2	2	4	0	72	
	Circuito3	4	8	8	376	
	Circuito4	4	8	8	376	
C/MRE+LED Total	Circuito1	2	4	0	72	432
	Circuito2	2	4	0	72	
	Circuito3	4	8	0	144	
	Circuito4	4	8	0	144	

5.4. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do espaço, através de uma breve explicação do funcionamento dos interruptores de iluminação. Assim, com o objetivo de tirar o máximo proveito do conjunto de interruptores, é fundamental colocar, no quadro elétrico da sala, uma pequena ilustração das diversas zonas de iluminação e dos interruptores associados.

5.5. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.24. Custos de implementação da MRE

		Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE		Cabo H05VV-F 4x1,5mm2	10 m	1,37 €/m	18,70 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
C/MRE+LED Parcial		Cabo H05VV-F 4x1,5mm2	10 m	1,37 €/m	78,70 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
		LED T8 G13	4 Unid.	15 €/Unid.	
C/MRE+LED Total		Cabo H05VV-F 4x1,5mm2	10 m	1,37 €/m	378,70 €
		Interruptor modelar	4 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	
		LED T8 G13	24 Unid.	15 €/Unid.	

5.6. Período de Retorno do Investimento

Na tabela abaixo é apresentado o número de lâmpadas por zona antes e após a implementação da MRE.

Tabela D.25. Número de lâmpadas por zona

Zonas		Z1	Z2	Z3	Z4	Z1, Z2	Z1, Z3	Z1, Z4	Z2, Z3	Z2, Z4	Z3,Z4	Z1,Z2,Z3	Z2,Z3,Z4
Nº Lâmp.	s/MRE	12	12	12	12	24	12	24	24	12	24	24	24
	c/MRE	4	4	8	8	8	12	12	12	12	16	16	20

Através da Tabela D.25 é possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação conseguidas com a implementação da MRE. A estimativa das poupanças por zona e a média global de poupança da MRE encontra-se na Tabela D.26. Também é possível comparar as poupanças atuando apenas no controlo da iluminação (c/MRE), no controlo da iluminação, na alteração da tecnologia de iluminação nas zonas mais utilizadas (c/MRE+LED Parcial) e no controlo da iluminação e alteração total da tecnologia de iluminação (c/MRE+LED Total).

Tabela D.26. Estimativa das poupanças resultantes com a 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
Potência (W)	s/MRE	564	564	564	564	1128	564	1128	1128	564	1128	1128	1128	846,0
	c/MRE	188	188	376	376	376	564	564	564	564	752	752	940	517,0
	c/MRE+LED Parcial	188	72	376	376	260	564	564	448	448	752	636	824	459,0
	c/MRE+LED Total	72	72	144	144	144	216	216	216	216	288	288	360	198,0
Poupança (W)	c/MRE	376	376	188	188	752	0	564	564	0	376	376	188	329,0
	c/MRE+LED Parcial	376	492	188	188	868	0	564	680	116	376	492	304	387,0
	c/MRE+LED Total	492	492	420	420	984	348	912	912	348	840	840	768	648,0
Poupança (%)	c/MRE	66,7	66,7	33,3	33,3	66,7	0,0	50,0	50,0	0,0	33,3	33,3	16,7	37,5
	c/MRE+LED Parcial	66,7	87,2	33,3	33,3	77,0	0,0	50,0	60,3	20,6	33,3	43,6	27,0	44,4
	c/MRE+LED Total	87,2	87,2	74,5	74,5	87,2	61,7	80,9	80,9	61,7	74,5	74,5	68,1	76,1

Da análise da tabela vemos que a poupança média com a implementação da MRE irá rondar os 37,5%, com a implementação da MRE+LED Parcial irá rondar os 44,4% e com a implementação da MRE+LED Total irá rondar os 76,1%. Apresentam-se, na Tabela D.27, as poupanças energéticas anuais para as diversas opções, tendo em conta o consumo anual em iluminação de 394,24 kWh.

Tabela D.27. Poupança para as variadas opções

Medida	Poupança Anual (kWh)	Poupança Anual (€)
MRE	153	18
MRE+LED Parcial	180	21
MRE+LED Total	302	35

Aplicando a medida MRE obtemos uma poupança anual de 153 kWh. Devido a este facto optou-se por implementar esta solução, uma vez que no final do período de concretização do PREn, iremos obter uma poupança de 1226 kWh equivalente a 144 €. Como o investimento inicial é de 18,70 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 1 ano e 1 mês.

5.7. Plano de Medição e Verificação

5.7.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de ocupação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de ocupação do espaço em estudo).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W – 24 unidades
 - Balastros ferromagnéticos de 11 W – 24 unidades
- Número de horas médio de referência: 466 h/ano – obtido por estimativa

5.7.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo este ser dividido de igual forma pelo período legal de inverno e pelo período legal de verão. O propósito de serem três meses em cada um dos períodos é que permite que seja feita uma média do número de horas de ocupação, de modo a que o valor seja o mais aproximado possível do mundo real.

5.7.3. Método

O plano M&V passará pelo preenchimento de um inquérito, por parte das pessoas a frequentar o espaço em estudo, tal como o representado na figura abaixo.

Plano de Medição e Verificação (M&V)									
Laboratório Multidisciplinar									
Data	Hora de entrada		Hora de saída		Interruptor(es)-Ligados				Observações
	(dd-mm-aa)	(HH)	(mm)	(HH)	(mm)	I1	I2	I3	
10-12-2014	12	45	13	30		x			Lâmpada Avariada

Figura D.18. Inquérito do plano de M&V

O utilizador do espaço deverá preencher o questionário à entrada com: a data, hora de entrada e interruptores de iluminação que foram ligados. À saída do espaço, o utilizador deverá registar também a hora de saída.

Após o período de reporte, onde será preenchido o inquérito, deve proceder-se ao preenchimento da folha de cálculo com o nome M&V_LMult, onde deverão ser introduzidos os dados que constam na folha do inquérito. Posteriormente à introdução dos dados será necessário fazer a separação das horas de ocupação dos registos pelos diversos períodos horários. Com as etapas anteriormente realizadas será possível obter o número de horas total de ocupação do Laboratório Multidisciplinar e o custo associado à faturação de energia elétrica, sendo ainda possível comparar com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

5.7.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados na mesma são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

6. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório de Sistemas e Redes de Computadores (LSRC)

6.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge pelo facto de estarmos perante uma sala com elevadas dimensões, com uma potência instalada em iluminação bastante elevada e com um número de horas de funcionamento semanal igualmente elevado.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

6.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma potência total instalada em iluminação de 1316 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W com balastos de 11 W.

Tabela D.28. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito 1	7	14	14	658	1316
Circuito 2	7	14	14	658	

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 14 semanas no primeiro semestre, com 25 horas por semana e 13 semanas no segundo semestre, com 20 horas por semana. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 610 horas/ano.

Através da inspeção do local em estudo chega-se à conclusão que na grande maioria do tempo, o espaço apenas é preenchido na primeira metade. Apesar disso, obriga a que toda a iluminação se encontre ligada, devido à existência apenas de duas zonas de controlo, que levam grandes desperdícios de energia.

6.3. Descrição e Implementação da medida

Como a iluminação apenas pode ser controlada pelos dois disjuntores impossibilita que haja uma regulação segundo a localização da ocupação do espaço, permitindo apenas o controlo de duas zonas distintas, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

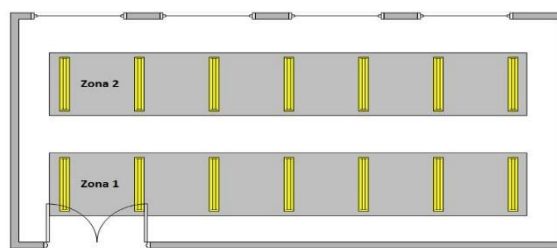


Figura D.19. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE

Esta solução provoca grandes desperdícios de energia. A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pela criação de três zonas distintas (Z1, Z2 e Z3), com a atribuição de um interruptor modular a cada uma delas (I1, I2 e I3). Para tal, é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação para um conjunto de três interruptores modulares.

Se não for permitida a divisão das luminárias pelas zonas de iluminação pretendidas será necessário alterar a configuração das caixas de derivação, refazendo as ligações das entradas e saídas para construir a configuração pretendida.

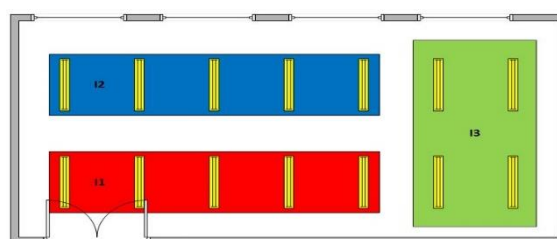


Figura D.20. Zonas de iluminação após aplicação da MRE

Tabela D.29. Potência total instalada em iluminação com MRE

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
C/MRE	Circuito1	5	10	10	470	1316
	Circuito2	5	10	10	470	
	Circuito3	4	8	8	376	

6.4. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.30. Custos de implementação da MRE

		Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE		Cabo H05VV-F 4x1,5mm2	10 m	1,37 €/m	17,45 €
		Interruptor modelar	3 Unid.	1,25 €/Unid.	
		Mão-de-obra	0	0	

6.5. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do espaço, através de uma breve explicação do funcionamento dos interruptores de iluminação. Assim, com o objetivo de tirar o máximo proveito do conjunto de interruptores é

fundamental colocar uma pequena ilustração, no quadro elétrico da sala, das diversas zonas de iluminação e dos interruptores associados.

6.6. Período de Retorno do Investimento

Na tabela abaixo é apresentado o número de lâmpadas por zona antes e após a implementação da MRE.

Tabela D.31. Número de lâmpadas por zona

Zonas		Z1	Z2	Z3	Z1, Z2	Z1, Z3	Z2, Z3	Z1,Z2,Z3
Nº	s/MRE	14	14	28	28	28	28	28
Lâmp.	c/MRE	10	10	8	20	18	18	28

Através da Tabela D.31 é possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação conseguidas com a implementação da MRE. A estimativa das poupanças por zona e a média global de poupança da MRE encontra-se na Tabela D.32.

Tabela D.32. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE

Zonas		Z1	Z2	Z3	Z1, Z2	Z1, Z3	Z2, Z3	Z1,Z2,Z3	Média
Potência (W)	s/MRE	658	658	1316	1316	1316	1316	1316	1128,0
	c/MRE	470	470	376	940	846	846	1316	752,0
Poupança (W)	c/MRE	188	188	940	376	470	470	0	376,0
Poupança (%)	c/MRE	28,6	28,6	71,4	28,6	35,7	35,7	0,0	32,7

Da análise da tabela vemos que a poupança média com a implementação da MRE irá rondar os 32,7%. Apresentam-se, na Tabela D.33, as poupanças energéticas anuais, tendo em conta o consumo anual em iluminação de 688,08 kWh.

Tabela D.33. Poupança com a implementação da MRE

Medida	Poupança Anual (kWh)	Poupança Anual (€)
MRE	230	33

Aplicando a medida MRE obtemos uma poupança anual de 33 €, por isso optou-se por implementar esta solução uma vez que no final do período de concretização do PREn, iremos obter uma poupança de 1835 kWh equivalente a 263 €. Como o investimento inicial é de 17,45 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 7 meses.

6.7. Plano de Medição e Verificação

6.7.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;

- estimativa das horas de ocupação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de ocupação do espaço em estudo).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W – 28 unidades
 - Balastros ferromagnéticos de 11 W – 28 unidades
- Número de horas médio de referência: 610 h/ano – obtido por estimativa

6.7.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo este ser dividido de igual forma pelo período legal de inverno e pelo período legal de verão. O propósito de serem três meses em cada um dos períodos é que permite que seja feita uma média do número de horas de ocupação, de modo a que o valor seja o mais aproximado possível do mundo real.

6.7.3. Método

O plano M&V passará pelo preenchimento de um inquérito por parte das pessoas a frequentar o espaço em estudo, tal como o representado na figura abaixo. O utilizador do espaço deverá preencher o questionário à entrada com: data, hora de entrada e interruptores de iluminação que foram ligados. À saída do espaço, o utilizador deverá registar também a hora de saída.

Plano de Medição e Verificação (M&V)								
Sala R.6.1 - Sistemas e Redes de Computadores								
Data (dd-mm-aa)	Hora de entrada (HH) (mm)		Hora de saída (HH) (mm)		Interruptor(es)-Ligados			Observações
	I1	I2	I3					
10-12-2014	12	45	13	30		x		Lâmpada Avariada

Figura D.21. Inquérito do plano de M&V

Após o período de reporte, onde será preenchido o inquérito, deve proceder-se ao preenchimento da folha de cálculo com o nome M&V_R.6.1, onde deverão ser introduzidos os

dados que constam na folha do inquérito. Posteriormente à introdução dos dados será necessário fazer a separação das horas de ocupação dos registos pelos diversos períodos horários. Com as etapas anteriormente realizadas será possível obter o número de horas total de ocupação da sala R.6.1 e o custo associado à faturação de energia elétrica, sendo ainda possível comparar com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

6.7.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

7. Desagregação do circuito de iluminação do Laboratório de Sistemas Digitais (LSD)

7.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge pelo facto de estarmos perante uma sala com elevadas dimensões, com uma potência instalada em iluminação bastante elevada e com um número de horas de funcionamento semanal igualmente elevado.

As principais vantagens da implementação desta medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

7.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma potência total instalada em iluminação de 1316 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W com balastos de 11 W.

Tabela D.34. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito 1	7	14	14	658	1316
Circuito 2	7	14	14	658	

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 14 semanas no primeiro semestre, com 30 horas por semana e 13 semanas no segundo semestre, com 35 horas por semana. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 875 horas/ano.

Através da inspeção do local em estudo chega-se à conclusão que, na grande maioria do tempo, o espaço apenas é preenchido na primeira metade. Isto obriga a que toda a iluminação se encontre ligada devido à existência de duas zonas de controlo, que leva a grandes desperdícios de energia.

7.3. Descrição e Implementação da medida

Como a iluminação apenas pode ser controlada pelos dois disjuntores impossibilita que, haja uma regulação segundo a localização da ocupação do espaço, permitindo apenas o controlo de duas zonas distintas, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

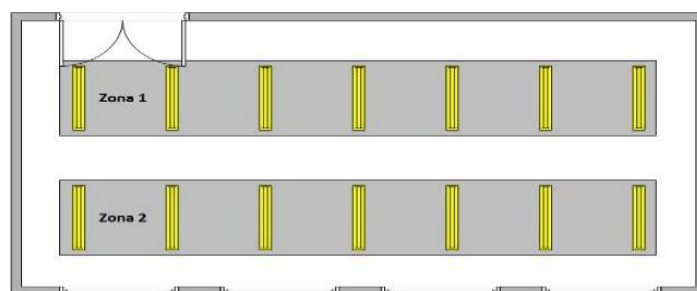


Figura D.22. Zonas de iluminação antes da aplicação da MRE

Esta solução provoca grandes desperdícios de energia. A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pela criação de três zonas distintas (Z1, Z2 e Z3), com a atribuição de um interruptor modular a cada uma delas (I1, I2 e I3). Para tal é necessário alterar o esquema de disjuntores de iluminação para um conjunto de três interruptores modulares.

Se não for permitida a divisão das luminárias pelas zonas de iluminação pretendidas será necessário alterar a configuração das caixas de derivação, refazendo as ligações das entradas e saídas para construir a configuração pretendida.

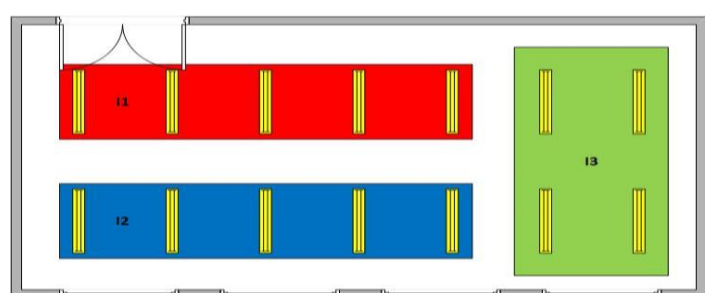


Figura D.23. Zonas de iluminação após aplicação da MRE

Tabela D.35. Potência total instalada em iluminação com MRE

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
C/MRE	Circuito1	5	10	10	470	1316
	Circuito2	5	10	10	470	
	Circuito3	4	8	8	376	

7.4. Ação de sensibilização

A ação de sensibilização consiste na divulgação desta medida junto dos presentes e futuros ocupantes do espaço, através de uma breve explicação do funcionamento dos interruptores de iluminação. Assim, com o objetivo de tirar o máximo proveito do conjunto de interruptores é fundamental colocar uma pequena ilustração, no quadro elétrico da sala, das diversas zonas de iluminação e dos interruptores associados.

7.5. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.36. Custos de implementação da MRE

	Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE	Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	10 m	1,37 €/m	17,45 €
	Interruptor modelar	3 Unid.	1,25 €/Unid.	
	Mão-de-obra	0	0	

7.6. Período de Retorno do Investimento

Na tabela abaixo é apresentado o número de lâmpadas por zona antes da implementação da MRE e após a implementação da MRE.

Tabela D.37. Número de lâmpadas por zona

Zonas		Z1	Z2	Z3	Z1, Z2	Z1, Z3	Z2, Z3	Z1,Z2,Z3
Nº	s/MRE	14	14	28	28	28	28	28
Lâmp.	c/MRE	10	10	8	20	18	18	28

Através da Tabela D.37 é possível estimar as poupanças resultantes das reduções de potência por zona de iluminação conseguidas com a implementação da MRE. A estimativa das poupanças por zona e a média global de poupança da MRE encontra-se na Tabela D.38.

Tabela D.38. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE

Zonas		Z1	Z2	Z3	Z1, Z2	Z1, Z3	Z2, Z3	Z1,Z2,Z3	Média
Potência (W)	s/MRE	658	658	1316	1316	1316	1316	1316	1128,0
	c/MRE	470	470	376	940	846	846	1316	752,0
Poupança (W)	c/MRE	188	188	940	376	470	470	0	376,0
Poupança (%)	c/MRE	28,6	28,6	71,4	28,6	35,7	35,7	0,0	32,7

Da análise da tabela vemos que a poupança média com a implementação da MRE irá rondar os 32,7%. Apresentam-se na, Tabela D.39, as poupanças energéticas anuais, tendo em conta o consumo anual em iluminação de 987,00 kWh.

Tabela D.39. Poupança com a implementação da MRE

Medida	Poupança Anual (kWh)	Poupança Anual (€)
MRE	329	46

Aplicando a medida MRE obtemos uma poupança anual de 46 €, por isso optou-se por implementar esta solução, uma vez que no final do período de concretização do PReN, iremos obter uma poupança de 2632 kWh equivalente a 372 €. Como o investimento inicial é de 17,45 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 5 meses.

7.7. Plano de Medição e Verificação

7.7.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de ocupação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de ocupação do espaço em estudo).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W – 28 unidades
 - Balastros ferromagnéticos de 11 W – 28 unidades
- Número de horas médio de referência: 875 h/ano – obtido por estimativa

7.7.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE, deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser 6 meses, devendo este ser dividido de igual forma pelo período legal de inverno e pelo período legal de verão. O propósito de serem três meses em cada um dos períodos é que permite que seja feita uma média do número de horas de ocupação, de modo a que o valor seja o mais aproximado possível do mundo real.

7.7.3. Método

O plano M&V passará pelo preenchimento de um inquérito por parte das pessoas a frequentar o espaço em estudo, tal como o representado na Figura D.24. O utilizador do espaço deverá preencher o questionário à entrada com: data, hora de entrada e interruptores de iluminação que foram ligados. À saída do espaço, o utilizador deverá registar também a hora de saída.

Após o período de reporte, onde será preenchido o inquérito, deve proceder-se ao preenchimento da folha de cálculo com o nome M&V_R.6.2, onde deverão ser introduzidos os dados que constam na folha do inquérito. Posteriormente à introdução dos dados será necessário fazer a separação das horas de ocupação dos registos pelos diversos períodos horários. Com as etapas anteriormente realizadas será possível obter o número de horas total de ocupação da sala

R.6.2 e o custo associado à faturação de energia elétrica, sendo ainda possível comparar com os valores de referência estimados na preparação da MRE.

Plano de Medição e Verificação (M&V)								
Sala R.6.2 - Sistemas Digitais								
Data	Hora de entrada		Hora de saída		Interruptor(es)-Ligados			Observações
	(dd-mm-aa)	(HH)	(mm)	(HH)	(mm)	I1	I2	
10-12-2014	12	45	13	30		x		Lâmpada Avariada

Figura D.24. Inquérito do plano de M&V

7.7.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

8. Desagregação do circuito de iluminação do Corredor ao lado do Bar

8.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge pelo facto de existirem desperdícios de energia que poderão ser evitados com o seccionamento do circuito de iluminação que abrange o corredor ao lado do bar e o acesso às casas de banho. Uma vez que, no espaço de acesso às casas de banho, não existe qualquer luz natural, obriga a que se ligue toda a iluminação.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

8.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma potência total instalada em iluminação de 132 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto duplas com lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) de 13 W com balastos de 3 W e com luminárias de teto simples com lâmpada fluorescente compacta (CFL) de 13 W com balastro de 3 W.

Tabela D.40. Potência total instalada em iluminação

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito1	Duplas	4	8	8	128	176
	Simples	3	3	3	48	

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 112 dias úteis no primeiro semestre e 121 dias úteis no segundo semestre, perfazendo um total 233 dias úteis. O número médio de horas de funcionamento de iluminação do espaço foi estimado em 10,5 horas diárias, das 8:30 às 19:00 horas. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 2446,5 horas/ano.

Através da inspeção do local em estudo, chega-se à conclusão que, devido à existência de um único circuito de iluminação que abrange o corredor ao lado do bar, local que tem luz natural durante o decorrer do dia, e o próprio espaço de acesso às casas de banho, local sem luz natural, há desperdícios de energia, tal como tinha sido explicado anteriormente.

8.3. Descrição e Implementação da medida

Como só existe um único circuito de iluminação para toda a área compreendida entre o corredor ao lado do bar e o espaço de acesso às casas de banho, existe desperdícios de energia, que

podem ser visualizados na figura abaixo.

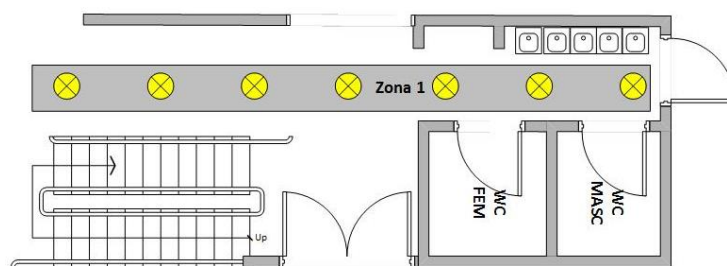


Figura D.25. Zona de iluminação antes da aplicação da MRE

A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pelo seccionamento do único circuito de iluminação, separando assim as luminárias do corredor ao lado do bar das luminárias de acesso às casas de banho, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

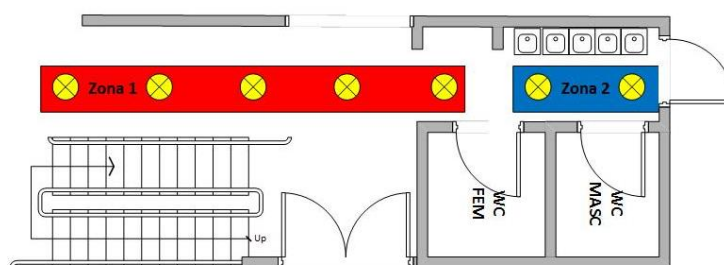


Figura D.26. Zonas de iluminação após aplicação da MRE

As luminárias da zona 1 passariam a ligar consoante horário estipulado pelo autómato do edifício, enquanto que as luminárias da zona 2 passariam a ser controladas por um detetor de movimento que permitirá ligar apenas quando haja ocupantes no mesmo espaço.

8.4. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.41. Custos de Implementação da MRE

	Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE	Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	10 m	1,37 €/m	23,70 €
	Detetor de movimento	1 Unid.	10 €/Unid.	
	Mão-de-obra	0	0	

8.5. Período de Retorno do Investimento

Na tabela abaixo é apresentado o número de lâmpadas por circuito antes e após a implementação da MRE.

Tabela D.42. Número de lâmpadas por circuito

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)	
S/MRE	Circuito1	Duplas	4	8	8	128	176
		Simplex	3	3	3	48	

Tabela D.42. Número de lâmpadas por circuito (continuação)

C/MRE	Circuito1	Duplas	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
			4	8	8	128	
		Simples	1	1	1	16	176
	Circuito2	Simples	2	2	2	32	

Através da Tabela D.42 é possível estimar as poupanças conseguidas com a implementação da MRE. A estimativa das poupanças por circuito e a média global de poupança da MRE encontram-se na Tabela D.43.

Tabela D.43. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE

Zonas		Z1	Z2	Z1,Z2	Média	
Potência (W)	s/MRE	176	176	176	176	0,176
	c/MRE	144	32	176	117,3	0,117
Poupança (W)	c/MRE	32	144	0	58,7	0,059
Poupança (%)	c/MRE	18,2	81,8	0,0	33,3	

Obtém-se assim uma poupança energética anual de 390 kWh, tendo em conta o consumo anual em iluminação de 430,58 kWh.

Aplicando a MRE, no final do período de concretização do PREN, iremos obter uma poupança de 3117 kWh equivalente a 434 €. Como o investimento inicial é de 23,70 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 6 meses.

8.6. Plano de Medição e Verificação

8.6.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de ocupação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de funcionamento da iluminação).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas CFL de 13 W – 11 unidades
 - Balastros ferromagnéticos de 3 W – 11 unidades
- Número de horas médio de referência: 349,5 h/ano – obtido por estimativa

8.6.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser um dia, a fim de se obterem várias medições instantâneas do circuito de iluminação.

8.6.3. Método

Na elaboração do plano M&V terá que efetuar-se o cálculo da média dos valores instantâneos de potência dos circuitos de iluminação, medidos ao longo de um dia. Após isso, terá de se multiplicar tal valor pelo número de horas de funcionamento diário, obtendo-se, desta forma, o consumo de energia diário dos circuitos. Para calcular o consumo anual basta multiplicar o valor anteriormente obtido pelo número de dias de um ano.

Os custos associados de energia deverão ser obtidos com a divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação energética. 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 às 24:00, todos os dias do ano. Por exemplo (mês de janeiro):

- horas de funcionamento das luminárias: 1,5 h/dia
- ✓ períodos horários de faturação energética:
 - Cheias: 1 h com um custo de 0,1069 €/kWh
 - Ponta: 0,5 h com um custo de 0,1948 €/kWh
- ✚ Custo mensal: 1,11 €

Deverá realizar-se o raciocínio anteriormente apresentando para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos meses do período legal de inverno e do período legal de verão, que apresentam preços energéticos distintos.

8.6.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

9. Desagregação do circuito de iluminação do corredor dos gabinetes do piso 3

9.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e adaptar o controlo de iluminação ao modo de ocupação do espaço. A medida surge pelo facto de existirem desperdícios de energia que poderão ser evitados com o seccionamento do circuito de iluminação.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

9.2. Caracterização do espaço a intervir

O espaço em estudo tem uma potência total instalada em iluminação de 384 W. A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto duplas com lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) de 13 W com balastos de 3 W.

Tabela D.44. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	TOTAL (W)
Circuito1	16	32	32	512

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 112 dias úteis no primeiro semestre e 121 dias úteis no segundo semestre, perfazendo um total 233 dias úteis. O número médio de horas de funcionamento de iluminação do espaço foi estimado em 10,5 horas diárias, das 8:30 às 19:00 horas. Destes valores obtém-se um número médio de horas anuais de funcionamento de 2446,5 horas/ano.

Através da inspeção do local em estudo chega-se à conclusão que, devido à existência de um único circuito de iluminação que abrange o corredor dos gabinetes do piso 3, local que tem luz natural durante o decorrer do dia, e o corredor de acesso ao Laboratório de Gestão de Energia, local sem luz natural, há grandes desperdícios de energia, uma vez que, iluminar o acesso ao LGE, implica iluminar todo o corredor de acesso aos gabinetes do piso 3.

9.3. Descrição e Implementação da medida

Como só existe um único circuito de iluminação para toda a área compreendida entre o corredor dos gabinetes do piso 3 e o corredor de acesso ao Laboratório de Gestão de Energia, leva a que existam grandes desperdícios de energia. Na Figura D.27 pode ser visualizado o único circuito de iluminação.

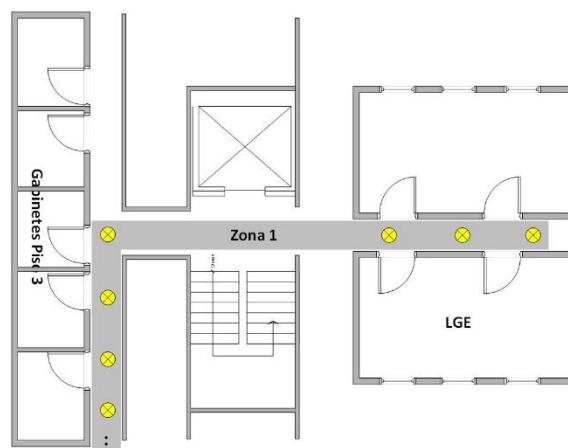


Figura D.27. Zona de iluminação antes da aplicação da MRE

A solução corretiva para adaptar o controlo de iluminação passa pelo seccionamento do único circuito de iluminação, separando assim as luminárias do corredor dos gabinetes do piso 3, das luminárias do corredor de acesso ao LGE, tal como pode ser visualizado na figura abaixo.

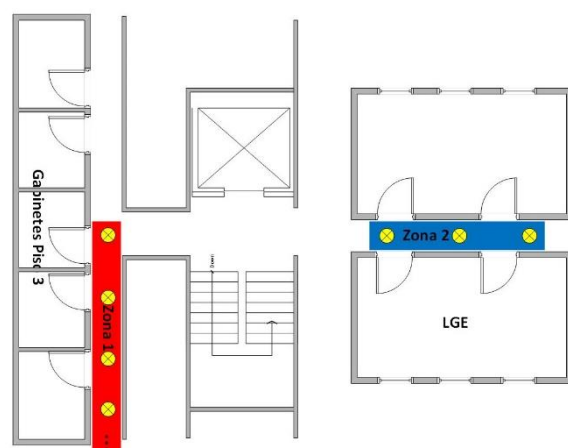


Figura D.28. Zonas de iluminação após aplicação da MRE

As luminárias da zona 1 passarão a ligar consoante horário estipulado pelo autómato do edifício, enquanto que as luminárias da zona 2 passarão a ser controladas por um detetor de movimento que permitirá ligar, apenas, quando estiverem ocupantes no mesmo espaço.

9.4. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.45. Custos de implementação da MRE

	Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE	Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	10 m	1,37 €/m	23,70 €
	Detetor de movimento	1 Unid.	10 €/Unid.	
	Mão-de-obra	0	0	

9.5. Período de Retorno do Investimento

Na tabela abaixo é apresentado o número de lâmpadas por circuito antes e após a implementação da MRE.

Tabela D.46. Número de lâmpadas por circuito

		Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
S/MRE	Circuito1	16	32	32	512	512
C/MRE	Circuito1	13	26	26	416	512
	Circuito2	3	6	6	96	

Através da Tabela D.46 é possível estimar as poupanças conseguidas com a implementação da MRE. A estimativa das poupanças por circuito e a média global de poupança da MRE encontram-se na Tabela D.47.

Tabela D.47. Estimativa das poupanças resultantes com a implementação da MRE

Zonas		Z1	Z2	Z1,Z2	Média	
Potência (W)	s/MRE	512	512	512	512	0,512
	c/MRE	416	96	512	341,3	0,341
Poupança (W)	c/MRE	96	416	0	170,7	0,171
Poupança (%)	c/MRE	18,8	81,3	0,0	33,3	

Obtém-se assim uma poupança energética anual de 1133 kWh, tendo em conta o consumo anual em iluminação de 1252,61 kWh.

Aplicando a MRE, no final do período de concretização do PReEn iremos obter uma poupança de 9066 kWh equivalente a 1263 €. Como o investimento inicial é de 23,70 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 2 meses.

9.6. Plano de Medição e Verificação

9.6.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de ocupação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição no terreno dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de funcionamento da iluminação).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas CFL de 13 W – 32 unidades

- Balastros ferromagnéticos de 3 W – 32 unidades
- Número de horas médio de referência: 349,5 h/ano – obtido por estimativa

9.6.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser um dia, a fim de se obterem várias medições instantâneas do circuito de iluminação.

9.6.3. Método

Na elaboração do plano M&V terá que se efetuar o cálculo da média dos valores instantâneos de potência dos circuitos de iluminação, medidos ao longo de um dia. Após isso, terá de se multiplicar tal valor pelo número de horas de funcionamento diário, obtendo-se, desta forma, o consumo de energia diário dos circuitos. Para calcular o consumo anual basta multiplicar o valor anteriormente obtido pelo número de dias de um ano.

Os custos associados de energia serão obtidos com a divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação energética. 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 às 24:00, todos os dias do ano. Por exemplo (mês de janeiro):

- horas de funcionamento das luminárias: 1,5 h/dia
- ✓ períodos horários de faturação energética:
 - Cheias: 1 h com um custo de 0,1069 €/kWh
 - Ponta: 0,5 h com um custo de 0,1948 €/kWh
- ✚ Custo mensal: 3,24 €

Deverá realizar-se o raciocínio anteriormente apresentado para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos meses do período legal de inverno e do período legal de verão, que apresentam preços energéticos distintos.

9.6.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados na mesma são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

10. Desagregação do circuito de iluminação das escadas das torres R, S e T

10.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e otimizar a eficiência energética dos sistemas de iluminação das torres R, S e T do edifício. Isto surge por existirem enormes desperdícios de energia em iluminação, uma vez que se encontra ligada durante as 24 horas diárias, devido à inexistência de iluminação natural abaixo do piso 2.

A implementação desta medida, com a separação entre pisos inferiores (piso 0, 1 e 2) e pisos superiores (pisos 3, 3A, 4, 5 e 6), irá permitir que a iluminação passe a ser controlada pelo autómato do edifício, levando a uma redução drástica do número de horas de funcionamento e minorando os desperdícios de energia.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

10.2. Caracterização do espaço a intervir

As torres R e T são compostas por 8 pisos, com uma potência total instalada de 606 W, resultante da soma da potência das 9 luminárias de patamar e das 6 luminárias de lance de escadas. A torre S é composta por 9 pisos, com uma potência total instalada de 684 W, resultante da soma da potência das 10 luminárias de patamar e das 7 luminárias de lance de escadas.

A iluminação do espaço é feita através de luminárias de teto tubular com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W com balastos de 10 W e por luminárias de teto duplas com lâmpadas fluorescentes compactas (CFL) de 13 W com balastos de 3 W.

Tabela D.48. Potência total instalada por torre

Torre	Pisos	Patamar (T8)		Lance de Escadas (CFL)		Potencia (W)	TOTAL (W)
		Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Nº Lâmpadas	Nº Balastos		
T	Superior	6	6	12	12	468	606
	Inferior	3	3			138	
R	Superior	6	6	12	12	468	606
	Inferior	3	3			138	
S	Superior	6	6	14	14	500	684
	Inferior	4	4			184	

A iluminação de circulação da torre encontra-se agregada em dois circuitos, o circuito das luminárias de patamar e o circuito de luminárias de lance de escadas.

Considera-se que o regime de funcionamento das torres em estudo é de 365 dias por ano, com um número médio de horas de funcionamento de 24 horas, perfazendo um total de 8760 horas/ano.

10.3. Descrição e Implementação da medida

Apesar do edifício possuir uma forte componente envidraçada existem pisos que não têm luz natural disponível, nomeadamente os pisos inferiores ao 2, facto que implica necessidades de iluminação distintas. Mesmo sendo possível controlar a iluminação das torres por autómato, não é possível controlar a opção operacional, devido ao facto da insuficiência de iluminação de circulação dos pisos inferiores. Tal limitação obriga a que o comando de iluminação do autómato seja desligado, alterando o período de funcionamento do sistema das 17:30 às 21:00, para passar a funcionar durante as 24 horas diárias, todos os dias do ano. Este facto leva a enormes desperdícios de energia elétrica.

A solução corretiva 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. Desta maneira será possível iluminar os pisos inferiores durante todo 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. Para tal é necessário criar um novo circuito que alimente os pisos inferiores, que ficarão ligados 24 sobre 24 horas. O circuito de iluminação das luminárias entre pisos passa a ser controlado pelo autómato tal como as luminárias de patamar dos pisos superiores.

Para além das alterações mencionadas anteriormente, optou-se ainda pela substituição da tipologia das luminárias de patamar dos pisos inferiores das três torres, por luminárias LED T8 G13 de 18 W, e ainda a substituição da tipologia da luminária de teto do último andar de cada torre por uma luminária de teto tubular com lâmpada LED T8 G13 de 18 W, devido ao inconveniente associado à mudança da luminária quando esta avaria.

10.4. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.49. Custos de Implementação da MRE por torre.

	Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE	Cabo H05VV-F 4x1,5mm ²	18 m	1,37 €/m	91,46 €
	Caixa de derivação	1 Unid.	1,25 €/Unid.	
	Bornes de 1,5mm ²	2 Unid.	2,15 €/Unid.	
	Disjuntor	1 Unid.	1,25 €/Unid.	
	LED T8 G13	4 Unid.	15 €/Unid.	
	Mão-de-obra	0	0	

10.5. Período de Retorno do Investimento

Após a implementação da MRE são alterados os períodos de funcionamento das luminárias

dos pisos superiores e inferiores. As luminárias, entre pisos, passam a funcionar das 17:30 às 21:00. As luminárias de patamar, dos pisos inferiores, continuam a funcionar durante as 24 horas diárias, devido à inexistência de luz natural. Além destas alterações ainda é substituída a tipologia de iluminação dos pisos inferiores por luminárias LED de 18 W.

Na tabela abaixo é apresentada a potência total instalada após a instalação da MRE.

Tabela D.50. Potência total instalada por torre

Torre	Pisos	Patamar (T8)		Lance de Escadas (CFL)		Potencia (W)	TOTAL (W)
		Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Nº Lâmpadas	Nº Balastros		
T	Superior	5	5	12	12	440	494
		1	0			54	
	Inferior	3	0			54	
R	Superior	5	5	12	12	440	494
		1	0			54	
	Inferior	3	0			54	
S	Superior	5	5	14	14	472	544
		1	0			72	
	Inferior	4	0			72	

Aplicando a MRE obtemos uma poupança anual de 1359 €. Assim optou-se por implementar esta solução uma vez que no final do PREn iremos obter uma poupança de 106110 kWh equivalente a 10870 €. Como o investimento inicial por torre é de 91,46 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 3 meses.

10.6. Plano de Medição e Verificação

10.6.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de funcionamento da iluminação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de funcionamento da iluminação).

Dados dos equipamentos:

- Potência e número de aparelhos de iluminação:
 - Lâmpadas fluorescentes tubulares de 36 W – 18 unidades
 - Balastros ferromagnéticos de 10 W – 18 unidades
 - Lâmpadas LED 18 W – 13 unidades
 - Lâmpadas CFL 13 W – 38 unidades

- Balastros ferromagnéticos de 3 W – 38 unidades

10.6.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser um ano, devendo ser requerido ao gestor das instalações um relatório das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação todos os meses.

10.6.3. Método

O plano M&V será realizado com base na informação dos relatórios mensais das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação, de onde será retirado o número de horas de funcionamento das luminárias de patamar e das luminárias entre pisos. Uma vez que as luminárias de patamar dos pisos superiores e as luminárias entre pisos são controladas por autômato, estas apresentaram o mesmo período 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 de funcionamento anual de cada circuito de iluminação. Com estes valores e com o conhecimento da potência instalada será possível chegar ao valor da energia consumida por cada circuito, tal como se exemplifica na tabela abaixo.

Tabela D.51. Exemplo de energia consumida pelos circuitos de iluminação das torres

	Luminárias de patamar (Pisos Superiores)	Luminárias de patamar (Pisos Inferiores)	Luminárias entre pisos	Total (kWh)
Potência Instalada (kW)	0,744	0,180	0,570	3420,34
Nº de horas (h)	1403	8760	1403	
Energia consumida (kWh)	1043,83	1576,80	799,71	

No final dos cálculos será possível obter o valor do consumo global de energia originado pelos circuitos de iluminação das caixas de escadas das torres.

Os custos associados de energia serão obtidos dividindo as horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação de energia. Primeiro terá que dividir-se o número de horas de funcionamento mensal pelo número de dias para obter o número médio de horas de funcionamento por dia. Com este valor será mais facilmente obtida a divisão do número de horas pelos diferentes períodos horários, tendo como referência as horas de funcionamento do autômato. Por exemplo (mês de janeiro):

- horas de funcionamento das luminárias de patamar dos pisos superiores: 117 h
- número de dias do mês: 31 dias
- ✓ Número médio de horas diário: 3,8 horas
 - Período Legal de Inverno: 1,3 h Cheias + 2,5 h Ponta

- Custo energético:
 - Cheias – 0,1069 €/kWh
 - Ponta – 0,1948 €/kWh

✚ Custo mensal: 14,44 €

Deverá realizar-se o raciocínio anteriormente apresentando para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos meses do período legal de inverno e do período legal de verão, que apresentam preços energéticos distintos.

10.6.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

11. Substituição da tecnologia de iluminação do corredor dos pisos 0 e 1

11.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o consumo de energia elétrica e otimizar a eficiência energética dos sistemas de iluminação dos corredores dos pisos 0 e 1 do edifício. Isto surge pelo facto da iluminação se encontrar ligada durante as 24 horas diárias, devido à quase inexistência de iluminação natural nos corredores, levando a consumos energéticos avultados. A implementação desta medida irá conduzir a significativas poupanças de energia elétrica.

As principais vantagens com a implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade das lâmpadas e redução das operações de manutenção.

11.2. Caracterização do espaço a intervir

Os corredores dos pisos 0 e 1 caracterizam-se por possuírem uma potência instalada em iluminação de 1316 W. A iluminação é feita através de luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes T8 de 36 W, com balastos de 11 W.

Tabela D.52. Potência total instalada em iluminação

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastos	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito1	14	28	28	1316	1316

Os corredores dos pisos 0 e 1 caracterizam-se por terem a estrutura da figura abaixo.



Figura D.29. Planta dos corredores dos pisos 0 e 1.

Dado que os corredores se localizam nos pisos inferiores e a componente envidraçada é praticamente nula, a luz natural nesse espaço é reduzida ou praticamente inexistente, obrigando a que seja necessário manter ligada a iluminação durante todo o ano. Assim, considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 8760 horas anuais.

11.3. Descrição e Implementação da medida

A solução encontrada para reduzir os consumos com iluminação de circulação dos corredores passa pela alteração das luminárias de teto tubular duplas com lâmpadas fluorescentes

T8 de 36 W, com balastros de 11 W, por luminárias LED de 3,5 W, diminuindo a potência instalada em iluminação para 115,5 W.

Tabela D.53. Potência total instalada em iluminação após implementação da MRE

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
Circuito1	33	33	0	115,5	115,5

Os corredores, após a instalação dos focos LED, passarão a ter a distribuição apresentada na figura abaixo.



Figura D.30. Planta dos corredores dos pisos 0 e 1 após implementação da MRE

Com a implementação da MRE consegue-se reduzir os elevados consumos provocados pelas lâmpadas fluorescentes T8 e também os consumos provocados pelos balastros ferromagnéticos que existem nas luminárias da tecnologia anteriormente implementada. Desta forma iluminam-se os corredores durante o mesmo período horário com consumos energéticos bastante mais baixos.

11.4. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da seguinte tabela.

Tabela D.54. Custos de implementação da MRE

	Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE	LED 3,5W	33 Unid.	7,55 €/Unid.	249,15 €
	Mão-de-obra	0	0	

11.5. Período de Retorno do Investimento

Tabela D.55. Potência total instalada em iluminação antes e depois da MRE

	Nº Armações	Nº Lâmpadas	Nº Balastros	Pot. Total (W)	TOTAL (W)
S/MRE	14	28	28	1316	1316
C/MRE	33	33	0	115,5	115,5

Dado que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 8760 horas anuais, obtém-se um consumo, antes da implementação da MRE, de 11497 kWh com um custo associado de 1219 €. Após a implementação da MRE obtém-se um consumo de 1009 kWh com um custo associado de 107 €.

Com a implementação desta solução iremos obter uma poupança de 10488 kWh equivalente a 1112 €. Como o investimento inicial é de 249,15 € estima-se um período de retorno

do investimento de aproximadamente 3 meses.

11.6. Plano de Medição e Verificação

11.6.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição instantânea da potência em todas as saídas de iluminação do quadro elétrico;
- estimativa das horas de funcionamento da iluminação.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético em iluminação) e os parâmetros que não são selecionados para medição no terreno são estimados (quantidade de horas de funcionamento da iluminação).

Dados dos equipamentos:

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

11.6.2. Período de reporte

Após a implementação da MRE, deve fazer-se uma medição instantânea de cada um dos circuitos de iluminação, para saber a potência exata de cada um deles. O período de reporte deverá ser um dia, a fim de se obterem várias medições instantâneas do circuito de iluminação.

11.6.3. Método

Na elaboração do plano M&V terá que efetuar-se o cálculo da média dos valores instantâneos de potência dos circuitos de iluminação dos corredores, medidos ao longo de um dia. Após isso, terá que se multiplicar tal valor pelo número de horas desse dia, obtendo-se, desta forma, o consumo de energia diário dos circuitos. Para calcular o consumo anual, basta multiplicar o valor anteriormente obtido pelo número de dias de um ano.

Os custos associados de energia serão obtidos com a divisão das horas de funcionamento pelos diversos períodos horários de faturação energética. 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 às 24:00, todos os dias do ano. Por exemplo (mês de janeiro):

- horas de funcionamento das luminárias: 24 h/dia

- ✓ períodos horários de faturação energética:
 - Super Vazio: 4 h com um custo de 0,0777 €/kWh
 - Vazio Normal: 3 h com um custo de 0,0788 €/kWh
 - Cheias: 12 h com um custo de 0,1069 €/kWh
 - Ponta: 5 h com um custo de 0,1948 €/kWh

✚ Custo mensal: 10,04 €

Deverá realizar-se o raciocínio anteriormente apresentado para os restantes meses do ano, com o cuidado de diferenciar o número de horas dos meses do período legal de inverno e do período legal de verão, que apresentam preços energéticos distintos.

11.6.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita do uso de aparelhos de monitorização de consumos e como todos os materiais utilizados são de custo reduzido, considera-se que este plano é exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

12. Ação de sensibilização para o uso de aquecedores elétricos

12.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o desperdício de energia elétrica originado pelo excessivo número horas de funcionamento dos aquecedores elétricos. A medida surge pelo facto de existir um aumento significativo do consumo de energia ativa nos meses tipicamente mais frios.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, redução dos desperdícios de energia em aquecimento e também adaptação do controlo dos aquecedores ao horário semanal de funcionamento local.

12.2. Caracterização do espaço a intervir

Durante a análise das faturas do comercializador de energia verificou-se que o consumo do edifício tem um aumento significativo nos meses tipicamente mais frios (janeiro, fevereiro, novembro e dezembro). Tal facto deve-se principalmente ao uso de aquecedores elétricos para colmatar a inoperacionalidade dos sistemas de climatização do edifício que, por sua vez, se encontram avariados ou obsoletos. O problema do uso de aquecimento resistivo resulta da irresponsabilidade por parte dos utilizadores de deixarem os equipamentos ligados durante um longo período de tempo, inclusive quando os espaços se encontram desocupados.

Com vista a conhecer a quantidade de equipamentos de aquecimento, foi realizada uma visita aos locais principais, laboratórios e salas, do departamento. Após esta etapa foi realizado um pequeno inventário, onde ficou registado todo o tipo de material de aquecimento encontrado nos espaços visitados.

A partir dos dados da análise de telecontagem foi estimado o consumo semanal em aquecimento. Para tal, tiveram-se em conta quatro semanas, duas semanas do período de aulas e as outras duas semanas do período de exames. Na análise das semanas de aulas, considerou-se a semana de 29/09/2014 a 05/10/2014, semana típica de aulas da estação mais quente e a semana de 15/12/2014 a 21/12/2014, semana típica de aulas da estação mais fria. Na análise das semanas de exames, considerou-se a semana de 05/01/2015 a 11/01/2015, semana típica de exames da estação mais fria e a semana de 08/06/2015 a 14/06/2015, semana típica de exames da estação mais quente. Primeiramente efetuou-se o cálculo do consumo semanal, dos dias úteis e dos dias não úteis, das quatro semanas. De seguida calculou-se a diferença do consumo entre a semana mais fria e a semana mais quente, relativamente às semanas de aulas e às semanas de exames, calculando-se por último a média entre as semanas. Considerando que o consumo em aquecimento será 80% da

média entre as semanas, calculada anteriormente, obtém-se assim a estimativa do valor de consumo em aquecimento semanal de 4000 kWh. Desagregando este consumo em dias úteis e não úteis obtém-se 3535,4 kWh para os dias úteis e 464,8 kWh para os dias não úteis.

Para determinar com o máximo detalhe o consumo em aquecimento, procedeu-se à desagregação do consumo das semanas pelos respectivos períodos horários. Na Figura D.31 são apresentados os valores de potência média para os diferentes períodos horários, onde pode ser visualizado que tanto o período de cheia como o período de ponta são os que apresentam maior valor de potência média. Por outro lado, o período de super vazio, período das 2:00 às 6:00, apresenta um valor a rondar os 12 kW, valor este que reflete os desperdícios energéticos em aquecimento, isto devido à desocupação do espaço neste período horário.

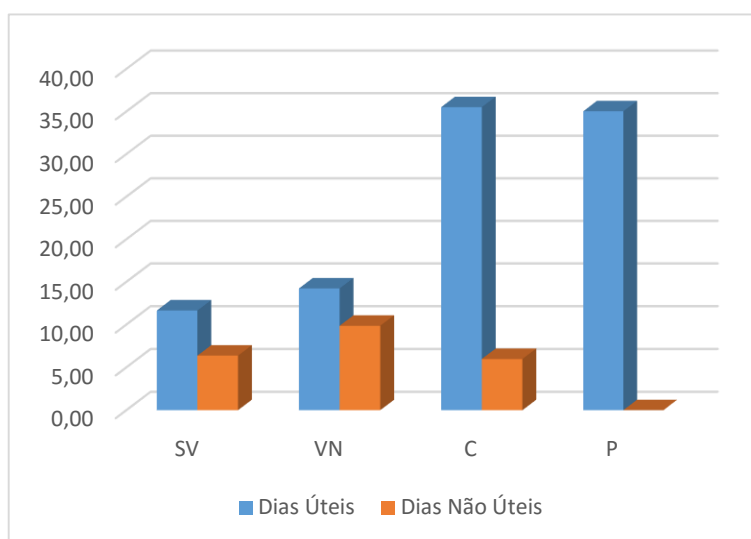


Figura D.31. Potência média em aquecimento para os diferentes períodos horários

12.3. Descrição e Implementação da medida

A solução encontrada para tentar diminuir os desperdícios de energia encontrados consiste na implementação de duas medidas, com a mesma finalidade, mas com intuítos diferentes.

A primeira medida a implementar tem por base a aplicação de temporizadores programáveis digitais nos circuitos de alimentação dos aparelhos de aquecimento, em locais onde apresente um padrão regular de utilização. Estes dispositivos permitirão ligar e desligar aparelhos elétricos em horários pré-programados pelos utilizadores. Com uma programação semanal será possível regular o funcionamento dos aquecedores, segundo o horário de ocupação diário dos espaços ao longo da semana, evitando que os aparelhos permaneçam ligados, quando os espaços se encontram desocupados. Deverão ser instalados temporizadores programáveis nos gabinetes do edifício que usem aquecimento deste tipo e nos seguintes laboratórios: laboratório de automação, laboratório de controlo, laboratório de medidas e instrumentação e no laboratório de eletrónica.

A segunda medida a implementar tem por base a criação de um circuito dedicado, nas salas que foram identificadas durante a visita às instalações, apenas para a ligação de dispositivos de aquecimento. Tal circuito deverá ser identificado convenientemente no quadro elétrico do espaço, por forma a permitir uma maior facilidade de atuação por parte dos utilizadores. Os utilizadores dos espaços, quando vão desligar a iluminação no quadro elétrico da sala terão um interruptor que permitirá desligar todo o aquecimento do espaço, evitando desta forma, esquecimentos e diminuindo assim os desperdícios energéticos associados ao aquecimento elétrico. Deverão ser criados circuitos específicos para aquecimento no clube de robótica, no laboratório multidisciplinar e no LGE, tornando assim o desligar dos equipamentos mais acessível e mais “visível”, tentando desta forma evitar esquecimentos e evitar desperdícios.

12.4. 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, método e importância de implementação.

Torna-se essencial que todos os utilizadores que usem aquecedores elétricos com temporizadores programáveis digitais se encontrem familiarizados com as boas práticas de utilização, de modo a diminuir os desperdícios de energia provocados pela desregulação dos temporizadores ou não utilização dos mesmos. Por outro lado deverão ser, também, informados todos os utilizadores dos espaços com implementação do circuito específico de aquecimento, do interruptor que permite desligar todo o aquecimento elétrico do espaço, localizado e bem identificado no quadro elétrico da sala. Assim, com o objetivo de tirar o máximo proveito do interruptor é fundamental, colocar uma pequena indicação no quadro elétrico da sala.

12.5. Plano de Medição e Verificação

Como se trata de uma medida de prevenção em que não se consegue estimar com rigor as poupanças resultantes da implementação da MRE, nem garantir o correto funcionamento dos temporizadores optou-se por não elaborar nenhum plano de M&V.

13. Ação de sensibilização para desencorajar a utilização dos elevadores

13.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo reduzir o número de utilizações dos diversos elevadores do edifício, com a conseqüente redução do consumo de energia, sem que seja posto em causa o conforto dos utilizadores.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução do consumo energético e respetivos custos associados, aumento da durabilidade dos elevadores e, com isso, uma redução das operações de manutenção.

13.2. Caracterização do espaço a intervir

O edifício em estudo caracteriza-se por ter um elevador em cada uma das torres (R, S, T, A e B), que é utilizado pelo corpo docente e alunos. Foram realizadas monitorizações a cada um dos elevadores, para conhecer o número de utilizações dos mesmos. As monitorizações foram realizadas com uma duração de três dias úteis e dois dias não úteis. O elevador da torre A não foi submetido a qualquer tipo de monitorização uma vez que é um elevador pouco utilizado.

Tabela D.56. Consumos típicos de um dia útil e não útil

Potência (kW)	Torre	R	S	T	B	TOTAL
	Dia útil	8,11	16,71	13,12	12,91	50,85
	Dia não útil	0,18	2,22	1,15	1,29	4,84

Da análise da Tabela D.56 podemos verificar que os elevadores mais utilizados são os das torres S e T. Tal facto já era esperado, uma vez que é na torre T que existe maior carga horária de aulas e na torre S que existe o acesso à garagem do departamento. O elevador da torre B, embora não apresentando propósitos de acesso a salas de aulas ou a laboratórios, destaca-se como o terceiro elevador mais usado do edifício. Assim revela-se como grande potencial ponto de redução de consumo energético. Das inspeções visuais ao local verifica-se que o elevador da torre B é muito usado por pessoas não pertencentes ao departamento em estudo, que se dirigem à paragem de autocarros ou aos bares que existem no quarto piso.

Considera-se que o regime de funcionamento do espaço em estudo é de 112 dias úteis e 48 dias não úteis no primeiro semestre e 121 dias úteis e 51 dias não úteis no segundo semestre, perfazendo um total de 233 dias úteis e 99 dias não úteis.

13.3. Descrição e Implementação da medida

A solução corretiva para desencorajar as pessoas a não utilizarem os elevadores reside na

implementação de duas medidas, com a mesma finalidade mas com intuítos diferentes.

A primeira medida, direcionada ao elevador da torre B, tem como objetivo desincentivar as pessoas a usar o elevador para os fins descritos anteriormente. A medida a implementar passa por retardar o tempo de espera de chamada do elevador.

A segunda medida a implementar passa pela sensibilização dos utilizadores do edifício através da afixação nas portas de entrada dos elevadores, a uma altura de 1,70 m do chão, de autocolantes como os que a seguir se apresentam.



Figura D.32. Autocolante de ação de sensibilização

13.4. 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 departamento e ao núcleo de estudantes, 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.

13.5. Custos de Implementação

Os custos relativos à implementação da medida constam da tabela abaixo.

Tabela D.57. Custos de implementação da MRE

	Designação	Quant.	Preço	TOTAL
C/MRE	Autocolantes	25 Unid.	0,8 €/Unid.	20,00 €
	Mão-de-obra	0	0	

13.6. Período de Retorno do Investimento

Através dos consumos típicos dos elevadores das diversas torres e do número de dias úteis e não úteis obteve-se um consumo médio anual de eletricidade de 12327 kWh, com um custo associado de 1644 €.

Após a implementação da MRE, estima-se que a poupança seja da ordem dos 10% do con-

sumo total anual, ou seja uma poupança anual de 1233 kWh equivalente a 164 €. Como o investimento inicial é de 20,00 € estima-se um período de retorno do investimento de aproximadamente 2 meses.

13.7. Plano de Medição e Verificação

13.7.1. Opção de procedimento e fronteira de medição

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

Fronteira de medição:

- medição contínua do consumo pelo período de uma semana;
- estimativa das horas de utilização.

Foi escolhida a opção A, porque estamos perante uma medição isolada da MRE, onde a poupança é determinada com base na medição, no terreno, dos parâmetros chave do desempenho energético (consumo energético dos elevadores) e os parâmetros que não são seleccionados para medição no terreno são estimados (número de utilizações dos elevadores).

13.7.2. Período de reporte

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

13.7.3. Método

O plano M&V será implementado com recurso a monitorizações de potência e consumos de energia dos elevadores das torres, com a finalidade de se obter informação dos valores típicos de cada dia da semana. Desta maneira será possível quantificar a poupança, através dos valores adquiridos em comparação com o cenário de referência. Os aparelhos de aquisição de dados que serão utilizados nas torres deverão ser colocados no circuito de alimentação do elevador no quadro elétrico do piso zero da torre correspondente. Exceção da torre B em que o circuito de alimentação do elevador se encontra no quadro elétrico do segundo piso. Os aparelhos deverão ser configurados com a duração de uma semana, com períodos de integração de 15 minutos.

Após esta etapa os custos energéticos associados deverão ser obtidos a partir da multiplicação da energia consumida pelos diferentes períodos horários de faturação energética.

13.7.4. Orçamento do plano M&V

Dado que este plano não necessita de alugar quaisquer aparelhos a utilizar nas monitorizações e que o departamento possui exemplares suficientes para a execução de todas as medições em período homólogo considera-se que é um plano exequível do ponto de vista económico, uma vez que o valor do plano M&V não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

14. Inspeção aos interruptores de comando dos circuitos de iluminação

14.1. Objetivo

A MRE tem como principal objetivo prevenir o desperdício de energia através da inspeção do correto posicionamento dos diversos interruptores de comutação do comando Manual/Automático dos circuitos de iluminação comandados pelo autómato.

As principais vantagens da implementação da medida são: redução dos desperdícios de energia em iluminação e menor desgaste dos equipamentos dos sistemas de iluminação.

14.2. Caracterização do espaço a intervir

Durante a visita às instalações, onde estão alojados os quadros elétricos dos sistemas de iluminação das torres, foram observadas irregularidades no posicionamento dos interruptores de alteração de comando. Os interruptores instalados apresentam três opções de comando:

- Manual (Man. Ou M) – obriga a que os circuitos de iluminação associados estejam sempre ligados, independentemente da ordem do autómato;
- Zero (0) – impossibilita que os circuitos de iluminação associados entrem em funcionamento, de acordo com a ordem imposta pelo autómato;
- Automático (Aut. ou A) – possibilita que os circuitos de iluminação liguem e desliguem, de acordo com a ordem imposta pelo autómato.

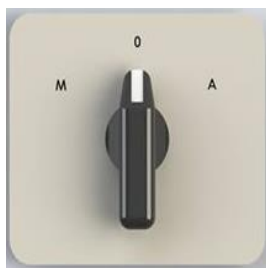


Figura D.33. Interruptor de comando dos circuitos de iluminação

Na maioria dos casos, as irregularidades encontradas deviam-se ao facto de existirem interruptores de alteração de comando na posição Manual, deixando os circuitos de iluminação permanentemente ligados o que leva a enormes desperdícios de energia.

14.3. Descrição e Implementação da medida

A solução corretiva para tentar solucionar este problema consiste em efetuar uma inspeção trimestral de todos os interruptores rotativos que controlam os circuitos de iluminação, para verificar a posição dos mesmos. Para tal dever-se-á ter em conta a consulta da folha de cálculo

Guia_Int. que possui, discriminada, a posição correta de cada um dos interruptores rotativos.

Sequência de execução da inspeção trimestral:

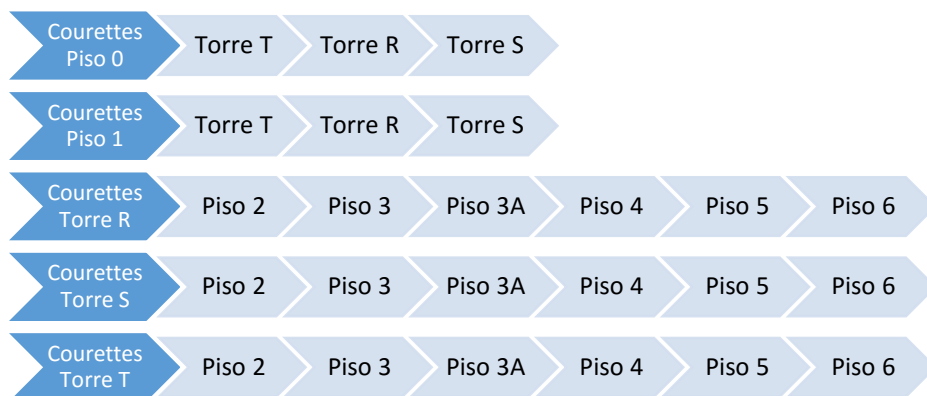


Figura D.34. Percurso de inspeção pelas instalações

As courettes das torres que se situam nos pisos 0 e 1 devem ser inspecionadas segundo a sequência apresentada, devido ao facto das três torres estarem interligadas por um corredor que existe em cada um dos pisos, facilitando o acesso às mesmas.

14.4. 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, método e da implementação. Mesmo assim para reduzir desperdícios de energia provocados por erro humano, deverá ser colocado, no lado interior da porta de todos os quadros elétricos, um esquema idêntico ao da figura abaixo, com o correto posicionamento dos interruptores rotativos de comando.



Figura D.35. Posicionamento dos interruptores rotativos de comando do piso 0 da torre T

14.5. Plano de Medição e Verificação

Como se trata de uma medida de prevenção em que não se consegue estimar, com rigor, as poupanças resultantes da implementação da MRE optou-se por não elaborar plano de M&V.