



Filipe Alexandre Saraiva da Silva

Plano de Racionalização do Consumo de Energia para o edifício da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra

Tese de mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Fevereiro/2016



UNIVERSIDADE DE COIMBRA



FCTUC FACULDADE DE CIÊNCIAS
E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE COIMBRA

Universidade de Coimbra

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Plano de Racionalização do Consumo de Energia do edifício da Faculdade de
Farmácia

Candidato: Filipe Alexandre Saraiva da Silva

Orientadores: Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins

Professor Doutor Humberto Manuel Matos Jorge

Júri: Professor Doutor António José Ribeiro Ferreira (Presidente)

Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins (Vogal)

Professor Doutor Pedro Manuel Soares Moura (Vogal)

Coimbra

Fevereiro de 2016

“Give me six hours to chop down a tree and I will spend the first four sharpening the axe.”

Abraham Lincoln

Agradecimentos

No final deste meu percurso académico importa agradecer de forma especial aos meus pais e à minha irmã, pela ajuda, por todo o apoio, incentivo e confiança que ao longo do tempo depositaram em mim, e sem os quais teria sido difícil concluir todos estes passos ao longo destes anos.

Fica também um agradecimento aos conhecidos e amigos, pelos bons e maus momentos partilhados e pela ajuda facultada durante esta importante etapa da minha vida.

Agradeço ao Professor Doutor António Martins pela simpatia, cordialidade e pela partilha de conhecimentos essenciais e inovadores para a realização deste trabalho.

Agradeço ao Professor Doutor Humberto Jorge pela disponibilidade e rapidez com que contribuiu para este trabalho.

Ao Professor Doutor Rui Barbosa, pela ajuda na exploração e integração na Faculdade de Farmácia.

Aos funcionários da Faculdade de Farmácia, Arlindo Oliveira, Daniel Lopes, Daniel Pedrosa e Miguel Ferreira, pela boa disposição e boa vontade demonstradas.

Finalmente, um obrigado a todas as boas pessoas pela inspiração que me proporcionaram.

Resumo

O tema desta dissertação nasce da iniciativa conjunta do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores e do Serviço de Gestão do Edificado da Administração da Universidade de Coimbra. Esta dissertação consiste num documento que dota o gestor energético da Faculdade de Farmácia de um documento que impõe boas práticas para a utilização racional e eficiente de energia.

O Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PRCE) consiste num manual, contruído através de relatórios de auditorias energéticas, onde constam as definições dos índices energéticos e as metas consideradas para o edifício da FFUC, bem como as medidas de racionalização de energia (MRE) que permitem alcançar tais metas. A construção deste plano dividiu-se entre a familiarização com as instalações, o levantamento dos equipamentos principais consumidores de energia, as monitorizações dos consumos de energia e finalmente a construção e definição dos planos para implementação das MRE.

Durante a familiarização com as instalações foi possível identificar algumas das MRE possíveis de desenvolver e foi ainda efetuado um levantamento dos equipamentos presentes nos laboratórios, tais como: frigoríficos, arcas congeladoras, estufas e outros equipamentos essenciais ao normal funcionamento da faculdade. Seguidamente foram feitas as monitorizações que permitiram determinar os consumos de energia dos diferentes equipamentos. Finalmente através dos dados obtidos, foi possível desenvolver os planos para implementação das medidas de racionalização que permitem atingir as metas relativas aos indicadores energéticos. Relativamente aos planos para as MRE, estes foram definidos segundo a estrutura usada internacionalmente, de forma a torna-los compreensíveis a nível global.

Este PRCE segue de perto o PRCE desenvolvido para o DEEC e ambiciona dar continuação ao trabalho que tem sido desenvolvido na UC para o aumento da racionalização e eficiência energéticas dos seus edifícios constituintes.

Palavras-chave:

Plano de Racionalização do Consumo de Energia, Medidas de Racionalização de Energia, Consumo Específico de Energia, Planos de Medição & Verificação, Eficiência energética.

Abstract

The theme of this dissertation is born from the joint initiative of the Department of Electrical and Computer Engineering and the Built Management Service Administration of the University of Coimbra. This dissertation is a document which endows the energy manager of Pharmacy Faculty a document concerning best practices for the rational and efficient use of energy.

The Rationalization Plan for Power Consumption (RPPC) is a manual that has been built through energy audits reports, which contains the definitions of the energy levels and targets considered for the FFUC building as well as energy conservation measures (ECM) that allow to reach those goals. The construction of this plan was divided between the familiarization with the facilities, the survey of major energy-using equipment, the monitoring of energy consumptions and finally the construction and definition of the plans for implementation of the ECM's.

During the familiarization with the facilities was possible to identify some of the ECM to develop and has yet made a survey of the equipment present in the laboratories, such as refrigerators, freezers, ovens and other equipment essential to the normal functioning of the faculty. Then they were made the monitoring that allowed to determine the energy consumption of the different equipment. Finally through the data obtained, it was possible to develop plans for the implementation of the rationalization measures which allow to achieve the goals relating to energy indicators. Relatively to the ECM plans these were set following the internationally used structure in order to make them understandable worldwide. This RPPC closely follows the RPPC developed for DEEC and aims to give continuation to the work that has been developed at UC for increased energy efficiency and rationalization of its constituent buildings.

Keywords:

Rationalization Plan for Energy Consumption, Energy Conservation Measure, Specific Energy Consumption, Measurement & Verification Plans, Energetic Efficiency.

Índice

Lista de figuras	1
Lista de tabelas	1
Lista de abreviaturas.....	2
Lista de símbolos.....	3
Capítulo 1	5
Apresentação	6
Objetivos	6
Estrutura do documento	7
Capítulo 2	9
PRCE.....	10
IPMVP.....	12
Capítulo 3	19
Estrutura do Edifício	20
Principais equipamentos consumidores de energia	20
Evolução do consumo de energia ativa	26
Capítulo 4	31
Identificação do edifício.....	32
Consumos anuais de referência	32
CEE de referência.....	33
IC de referência	34
Cálculo das metas de redução	34
Medidas de Racionalização de Energia.....	35
Cálculos energéticos e económicos.....	48
Cronograma de implementação.....	49
Impacto das MRE nos indicadores energéticos.....	50
Medidas Futuras	51
Capítulo 5	53
Conclusão	53
Referências	56
Apêndice A - Elevadores.....	A
Apêndice B - Fotocélula.....	B
Apêndice C - Controlo do <i>chiller</i>	C
Apêndice D - Controlo de ventiladores.....	D
Apêndice E - ECube.....	E

Apêndice F - D.O.	F
Apêndice G - Painéis PV.....	G
Apêndice H - Frigoríficos	H
Apêndice I - Cartaz motivacional.....	I
Apêndice J - Equipamentos FFUC.....	J

Lista de figuras

Figura 1 - Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra.	20
Figura 2 - Evolução do consumo de energia ativa ao longo de um ano na FFUC.	26
Figura 3 - Consumo de energia em horas cheias na FFUC.	27
Figura 4 – Gráfico dos consumos de energia em período letivo.	29
Figura 5 - Autocolante motivacional da ação de sensibilização.	36
Figura 6 - Autocolante direcional da ação de sensibilização.	37
Figura 7 – Gráfico de temperaturas mensal: Coimbra Junho de 2015.	38
Figura 8 - Temperaturas médias de Coimbra e limiares de temperatura para controlo do <i>chiller</i>	39
Figura 9 - Esquema de comando de um MIT.	41
Figura 10 - Equipamento ECube.	43
Figura 11 - Detetor de Ocupação com um alcance de 12 metros.	44
Figura 14 - Frigorífico de uma porta AEG S73 100KDX0.	47
Figura 15 - Arca vertical de uma porta Electrolux SG 224.	48
Figura 16 - Cronograma de evolução do CEE ao longo dos anos de vigência do PRCE.	50

Lista de tabelas

Tabela 1 - Distribuição da iluminação por tipo e piso.	21
Tabela 2 - Caracterização por classes dos frigoríficos da Faculdade de Farmácia.	23
Tabela 3 - Caracterização por classes das arcas da Faculdade de Farmácia.	24
Tabela 4 - Caracterização do consumo anual do edifício.....	33
Tabela 5 - Sumário das MRE e respectivas poupanças.....	49
Tabela 6 - Impacto das MRE no CEE.	50

Lista de abreviaturas

AVAC – Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado

CEE - Consumo Específico de Energia

CIE – Consumidor Intensivo de Energia

DEEC – Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

FFUC – Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra

IC – Intensidade Carbónica

IE – Intensidade Energética

IPMVP – Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético

MRE – Medida de Racionalização de Energia

M&V – Medição e Verificação

PRCE – Plano de Racionalização do Consumo de Energia

PRI – Período de Retorno do Investimento

REP – Relatórios de Execução e Progresso

SGE – Sistema de Gestão de Energia

SGIE – Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia

SGTC – Sistema de Gestão Técnica Centralizada

UE – União Europeia

UI – Unidade de Indução

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

Lista de símbolos

A – Ampére

cd – Unidade de medida de intensidade luminosa (candela)

kg – Quilograma

kgCO₂ – Quilograma de Dióxido de Carbono

kg_{ep} – Quilograma equivalente de petróleo

lm – Unidade de medida de fluxo luminoso (lúmen)

lux – Unidade de medida de iluminância

tep – Tonelada equivalente de petróleo

W – Watt

°K – Unidade de medida de temperatura (Kelvin)

kW – Quilo.Watt

kWh – Quilo.Watt.Hora

η – Rendimento energético

t - Tonelada

V - Volt

Capítulo 1

Introdução

1.1 Apresentação

Atualmente o setor dos edifícios em Portugal representa 30 % do consumo de energia primária e 40 % da energia total consumida na União Europeia. Estes são valores preocupantes devido à crescente utilização de energia elétrica nas aplicações diárias dos consumidores. Como a UE obriga todos os seus países membros a limitar o seu consumo de energia torna-se necessário aumentar a eficiência na utilização deste importante recurso [1].

O aumento da eficiência na utilização de energia nos edifícios dá-se de uma forma gradual. Através da divulgação de conhecimentos relativos às boas práticas na utilização de energia, das melhores tecnologias disponíveis no mercado e da maior consciencialização dos utentes é possível racionalizar a utilização energia. Outra razão muito importante para o aumento da eficiência dos equipamentos utilizadores de energia prende-se com as questões ambientais cada vez mais presentes.

Este Plano de Racionalização do Consumo de Energia está em consonância com o PRCE já elaborado para o edifício do Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Foi estruturado de acordo com a legislação sobre Sistemas de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE), que consta no decreto-lei nº71/2008. Este PRCE surge da iniciativa conjunta do Laboratório de Gestão de Energia, com a supervisão do Professor Doutor António Manuel Oliveira Gomes Martins e do Professor Doutor Humberto Manuel Matos.

O ano de referência será o ano civil anterior à data do PRCE.

1.2 Objetivos

Esta introdução tem como objetivo a elaboração de um Plano de Racionalização do Consumo de Energia para o edifício da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, onde são estabelecidas metas para a redução do consumo específico de energia (CEE), para a intensidade carbónica (IC) e intensidade energética (IE).

Este plano tem como finalidade dotar os gestores do edifício de uma ferramenta indispensável de apoio à decisão, que impõe o mesmo nível de eficiência na utilização de energia que seria considerado caso o edifício ultrapassa-se as condições definidas no âmbito do SGCIE.

Durante a elaboração deste PRCE, foram feitos levantamentos dos equipamentos com consumos de energia mais significativos e ainda monitorizações para determinar quais os regimes de funcionamento estabelecidos.

As metas relativas ao CEE e à IC devem ser atingidas através da implementação de um conjunto de Medidas de Racionalização de Energia (MRE), que visam aumentar a eficiência na utilização de energia ao longo dos anos de vigência do PRCE, garantindo contudo o conforto dos utilizadores do edifício da FFUC.

1.3 Estrutura do documento

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos, respetivas referências bibliográficas e anexos.

No presente capítulo são explicadas as razões que levaram à realização do PCRE, quais os objetivos pretendidos com a realização deste e ainda um breve enquadramento e estrutura do documento.

Já no segundo capítulo são abordados os dois temas que serviram de base para a elaboração da dissertação: um é o Plano de Racionalização do Consumo de Energia, onde são especificados quais os objetivos do PRCE, os indicadores energéticos e metas relativas aos mesmos; outro dos temas é o Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (IPMVP), onde são descritos os pontos gerais do protocolo e qual o método de conceção de um plano de medição e verificação (M&V).

O terceiro capítulo vai incidir sobre a caracterização energética da Faculdade de Farmácia, nesse capítulo são referidos diversos temas tais como, a estrutura do edifício, quais os principais equipamentos consumidores de energia elétricas, as diferentes fatias que estes equipamentos têm no consumo total do edifício e ainda as monitorizações que foram efetuadas nas instalações da FFUC.

No quarto capítulo é apresentado o PRCE da FFUC, aqui são especificados quais os consumos da instalação, indicadores energéticos e quais as metas de redução dos mesmos, as medidas de racionalização de energia que irão visar a redução de consumo de energia, a contribuição que as MRE irão ter para a redução dos indicadores energéticos e onde são mencionadas algumas medidas que poderão ser implementadas no futuro.

Por fim, no último e quinto capítulo serão apresentadas as conclusões que foram possíveis retirar da presente dissertação.

Nos apêndices são apresentadas os planos de implementação das MRE com toda a informação que cada uma delas possui.

Capítulo 2

Enquadramento

2.1 Plano de Racionalização do Consumo de Energia

O Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PRCE), consiste num documento ou manual, elaborado com base em relatórios de auditorias energéticas, sendo a partir deste, estabelecidas as metas relativas aos indicadores energéticas e propostas medidas de racionalização de energia (MRE) para a instalação Consumidora Intensiva de Energia (CIE) abrangida. As instalações com um consumo energético anual superior a 500 toneladas equivalentes de petróleo (tep), à exceção das instalações com cogeração implementada, são consideradas instalações CIE. O ano de referência para o PRCE, terá de ser o ano civil anterior à data de realização dos relatórios das auditorias [2]. Caso não existam relatórios de auditorias energéticas realizadas anteriormente ao PRCE, terá que ser feita uma auditoria às instalações segundo o roteiro de realização de auditorias energéticas.

O PRCE e a sua estrutura são definidos no decreto-lei nº71/2008 de 15 Abril, que tem como propósito a regulação dos SGCIE, por sua vez estabelecido para promover a eficiência energética na indústria e nos edifícios de serviços. A estrutura do PRCE consiste em quatro pontos essenciais [3]:

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

Primeiramente analisam-se as auditorias energéticas, com a finalidade de informar a entidade responsável pelo PRCE acerca da caracterização energética dos diferentes sistemas e equipamentos do edifício CIE. No segundo ponto, são realizados os cálculos dos indicadores energéticos, a partir dos quais são estabelecidas as metas de acordo com as exigências impostas pelo SGCIE. No terceiro ponto são identificadas as medidas que visam a racionalização de energia e são consecutivamente elaborados planos para a implementação das mesmas. No quarto e último ponto são quantificados os impactos que as medidas terão na redução dos indicadores energéticos para cumprimento das metas estabelecidas.

Os PRCE de acordo com o decreto-lei em vigor não contêm nenhuma exigência relativamente à comprovação da veracidade dos valores de poupança calculados, daí acrescentar-se um quinto ponto onde deverão constar os planos de medição e verificação (M&V) para as MRE.

2.1.1 Indicadores energéticos do PRCE

Os PRCE assentam em três indicadores energéticos: a Intensidade Energética (IE), o Consumo Específico de Energia (CEE) e a Intensidade Carbónica (IC). É através destes indicadores que são impostas as metas desejadas e é verificada a evolução do PRCE ao longo dos anos de vigência. A intensidade energética não é aplicável aos edifícios de serviços, como a FFUC, e por essa razão não foi incluída no PRCE [3].

2.1.2 Consumo específico de energia

O Consumo Específico de Energia (CEE) é definido segundo o SGCIE como sendo o quociente entre o consumo total de energia [kgep] (Quilograma equivalente de petróleo) da instalação e o volume de produção (unidade de produção), expresso na expressão (1) [3]:

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

O CEE é o indicador que melhor expressa a eficiência da energia consumida e para tal relaciona o consumo de energia de uma dada instalação industrial com o volume de produção. Quando se trata de edifícios de serviços, o indicador relaciona o consumo total de energia do serviço com a área de espaço útil do mesmo, como se pode verificar através da seguinte expressão (2) [3]:

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

2.1.3 Intensidade Carbónica

A Intensidade Carbónica (IC) definida como um indicador energético que é calculado através do quociente entre as emissões de gases com efeito de estufa [kgCO₂] e o consumo total de energia [tep], expresso pela seguinte expressão (3) [3]:

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

O SGCIE inclui este indicador nos PRCE, com a finalidade de reforçar a importância da redução das emissões carbónicas para a prevenção das alterações climáticas [4].

2.1.4 Metas relativas ao consumo específico e intensidade carbónica

Quando os indicadores energéticos estão calculados, vai proceder-se à identificação de possíveis medidas de racionalização de consumo de energia e à quantificação do impacto que cada uma delas irá ter na redução do consumo energético. A quantidade de MRE que é implementada vai depender das exigências do SGCIE, pois as metas variam de acordo com o consumo energético da instalação, imposto pelo decreto-lei em vigor em que todas as instalações que possuam consumos energéticos superiores a 1000 tep/ano deverão reduzir no mínimo em 6% os indicadores energéticos no prazo de seis anos e se as instalações tiverem um consumo energético igual ou inferior a 1000 tep/ano deverão reduzir estes mesmos indicadores em 4% no prazo de 8 anos.

Todas as exigências que foram referidas anteriormente não se aplicam à intensidade carbónica, já que as metas relativas à IC têm de no mínimo manter os respetivos valores históricos [3]. Concluindo, quanto mais elevadas e exigentes são as metas, maior irá ser o número de MRE a implementar de forma a que sejam atingidas todas as reduções necessárias para se concluir o PRCE com sucesso.

2.2 Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético

2.2.1 Visão geral

O Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético (IPMVP) é um conjunto de documentos que tem como objetivo permitir avaliar os investimentos em eficiência energética, gestão energética de edifícios e projetos de energia renovável em todo o mundo, estando estes constantemente atualizados. Este protocolo vai permitir que sejam definidos os métodos de avaliação do desempenho energético de projetos de eficiência energética que possuem uma diferente exatidão e diferentes custos, para determinar as respetivas poupanças quer para toda a instalação ou então apenas para medidas de racionalização de consumo individuais. Devido a estas razões, este protocolo vai ajudar a definir o conteúdo dos planos M&V de acordo com os princípios fundamentais que são acordados em todo o mundo e vai também facultar a possibilidade de se verificarem todos os progressos das poupanças com recurso a relatórios efetuados periodicamente, designados de relatórios de execução e de progresso (REP). O IPMVP pode ainda ser aplicado numa diversa gama de instalações, edifícios novos ou edifícios já existentes e até mesmo processos industriais [5].

2.2.2 Planos de Medição e Verificação do desempenho energético

Os Planos de Medição e Verificação (M&V) vão permitir determinar de um modo correto e seguro, a poupança real dentro de uma instalação, recorrendo como auxílio a planos de gestão de energia. A necessidade de execução destes planos surge de uma impossibilidade direta de medição das poupanças. A redução que existe no custo da fatura energética resulta da implementação das medidas de racionalização de energia: substituição de tecnologia, ações de manutenção e de prevenção, alteração de horário de funcionamento entre outras medidas [5].

Assim sendo, os princípios fundamentais que uma boa prática de M&V deve seguir são [5]:

- **Completo:** Usar medições para quantificar os efeitos significativos, enquanto calcula todos os outros;
- **Conservador:** Avaliar por defeito a poupança;
- **Consistente:** Consistência entre diferentes: tipos de projetos, profissionais de gestão energética e períodos de tempo para o mesmo projeto;
- **Preciso:** Os relatórios de M&V devem ser tão precisos quanto o orçamento de M&V o permita;
- **Relevante:** A determinação da poupança deve-se basear na medição dos parâmetros de desempenho energético mais importantes, ou menos conhecidos, enquanto que outros parâmetros podem ser calculados;
- **Transparente:** Todas as atividades de M&V devem ser clara e completamente divulgadas entre os agentes envolvidos.

2.2.3 Processo de conceção do plano M&V

O processo de conceção da M&V e o reporte da informação são paralelos aos processos de conceção e implementação da MRE. Este processo deve incluir os seguintes passos [5]:

1. Considerar as necessidades do utilizador dos relatórios de M&V.
2. Ao desenvolver a MRE, deve-se selecionar a opção do IPMVP mais consistente.
3. Reunir dados relevantes do período do consumo de referência.
4. Preparar um Plano de M&V contendo os resultados dos passos 1 a 3.
5. Como parte da conceção final e instalação da MRE, é preciso conceber, instalar, calibrar e pôr em funcionamento qualquer equipamento de medição.
6. Depois de a MRE estar instalada, inspecionar o equipamento instalado.
7. Reunir dados de energia e funcionamento do período de reporte.
8. Calcular a poupança de energia e as unidades monetárias.

9. Reportar poupanças de acordo com o Plano de M&V.

Os passos 7 a 9 são repetidos periodicamente quando um relatório de poupança é necessário.

2.2.4 Cálculo da poupança

Para se saber qual a poupança de energia de uma instalação/sistema é necessário calcular a diferença entre o consumo medido antes e depois da implementação das MRE que é proposta no PRCE, devendo-se realizar ajustes quando as condições se alteram. Assim, a poupança pode ser definida pela expressão (4), onde o termo Ajustes corresponde a ajustes periódicos (variam ao longo do tempo) e não periódicos (não variam ao longo do tempo) [5]:

$$\text{Poupança} = (\text{Consumo de referência} - \text{Consumo do período de reporte}) \pm \text{Ajustes} \quad (4)$$

O consumo que é medido antes da implementação das MRE vai designar-se por consumo de referência de energia. O consumo que é medido após a implementação das MRE vai ser designado por consumo do período de reporte.

2.2.5 Definição de períodos de consumo e fronteiras de medição

O período durante o qual é medido o consumo, antes da implementação da MRE é definido como período do consumo de referência. O período durante o qual se mede o consumo após a implementação da MRE é definido como período do consumo de reporte. Devem-se selecionar cuidadosamente os períodos de tempo a serem utilizados como período do consumo de referência e como período de reporte.

O período do consumo de referência deve ser selecionado para:

- Representar todos os modos de funcionamento da instalação.
- Representar relativamente bem todas as condições de funcionamento.
- Incluir apenas períodos de tempo para os quais todos os fatores são conhecidos.
- Coincidir com o período imediatamente anterior à instalação da MRE.

O período de reporte deve englobar pelo menos um ciclo de funcionamento normal do equipamento ou instalação, com a devida consideração pela duração da MRE [5].

A poupança pode ser determinada para toda a instalação ou simplesmente para parte dela, dependendo dos objetivos a reportar.

- Se o objetivo de apresentar relatórios for o de ajudar a gerir apenas o equipamento afetado pelo programa de poupança, deve-se estabelecer uma fronteira de medição em torno desse equipamento.
- Se o objetivo de apresentar relatórios 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. A fronteira de medição neste caso engloba toda a instalação.
- Se os dados do período do consumo de referência ou do período de reporte não são de confiança ou não estão disponíveis, dados energéticos de um programa de simulação calibrado podem substituir os dados em falta. A fronteira de medição pode ser estabelecida em conformidade.

2.2.5 Opções IPMVP

A opção do IPMVP escolhida para o plano de M&V depende de vários fatores, como: fronteiras de medição, períodos de consumo de energia, métodos de medição e quantidades de energia. As quantidades de energia (consumos do período de reporte e do período de referência) podem ser medidas por uma ou mais das seguintes técnicas [5]:

- Faturas ou leitura dos contadores da empresa do sector energético.
- Contadores individuais que isolam a MRE ou parte da instalação.
- Medições separadas de parâmetros usados no cálculo do consumo de energia.
- Medição de provas de substituição de consumo de energia.
- A simulação por computador que é calibrada com dados de desempenho energético reais.

Se o valor já é conhecido com precisão ou se a medição do mesmo se torna demasiado dispendiosa, o meio que é mais indicado para se obter os valores de energia vai ser através de estimativa. As medições dos planos M&V são realizadas através de duas formas, através de medição isolada da MRE ou por medição global da instalação. A medição isolada é utilizada em casos em que se pretende apenas obter a quantidade de energia de um equipamento/sistema independente do resto da instalação. Quando é mais importante conhecer o uso global de energia, é aplicado o método de medição global da instalação [5].

O IPMVP dispõe de quatro opções, são elas A, B, C e D, para determinar a poupança, que se diferenciam consoante a metodologia de medição, fronteira, custos e nível de incerteza. Se a poupança a determinar é apenas relativa ao desempenho energético de uma MRE, utiliza-se uma

técnica de medição isolada, opção A, B e D, caso seja necessário medir a poupança relativa à instalação total, utilizam-se as opções C e D. Quando se especifica qual a opção usada para a determinação da poupança, deverá identificar-se a data de publicação ou o número da versão do volume da edição de IPMVP seguida [5].

Opção A

Com a Opção A, medição isolada de MRE, as quantidades de energia podem ser derivadas de um cálculo, usando uma combinação de medições de alguns parâmetros e estimativas dos outros.

Quando se planejar um procedimento com a Opção A, deve-se ter em consideração a taxa de variação do consumo de referência e o impacto energético da MRE antes de estabelecer quais os parâmetros que devem ser medidos. Com a Opção A, pode não haver necessidade de ajustes, periódicos ou não periódicos.

A intervalos definidos durante o período de reporte, a instalação deve voltar a ser inspecionada para garantir a continuação do potencial para gerar a poupança prevista e validar os parâmetros estimados.

A determinação da poupança com a Opção A pode ser menos dispendiosa, uma vez que o custo de estimar um parâmetro é muitas vezes menor do que o custo da medição [5].

Opção B

Com a Opção B, medição isolada de MRE, todos os parâmetros são medidos, daí esta ser a Opção mais dispendiosa.

O grau de dificuldade e os custos aumentam em função do aumento da complexidade da medição. Todavia, a Opção B produzirá resultados mais precisos onde as cargas e/ou os padrões de poupança são variáveis.

Com a Opção B, pode não haver necessidade de ajustes periódicos ou não periódicos, dependendo do local da fronteira de medição, a duração do período de reporte, ou o período de tempo entre as medições do consumo de referência e as medições do período de reporte.

A Opção B é então a opção mais utilizada para determinar a poupança que resulta da implementação de uma MRE [5].

Opção C

Toda a instalação, implica a utilização de contadores da empresa do setor energético, contadores de toda a instalação, ou sub-contadores para avaliar o desempenho energético de toda a instalação. Deve-se determinar a poupança separadamente para cada contador ou sub-contador que servem uma instalação, de modo a que as mudanças no desempenho energético possam ser avaliadas para as partes da instalação medidas separadamente. A fronteira de medição inclui ou toda a instalação ou uma grande parte desta. Tipicamente a poupança deve ultrapassar 10% do consumo de referência, se se espera discriminar com confiança a poupança a partir dos dados de consumo de referência quando o período de reporte é inferior a dois anos.

Identificar mudanças na instalação que irão requerer ajustes não periódicos é o desafio principal associado à Opção C. Por conseguinte, devem-se realizar inspeções periódicas. Se faltarem alguns dados de energia do período de reporte, pode ser criado um modelo matemático do período de reporte para completar os dados em falta.

O custo da Opção C depende da origem dos dados de energia e da dificuldade em localizar fatores estáticos dentro da fronteira de medição para permitir ajustes não periódicos durante o período de reporte [5].

Opção D

Implica a utilização de um *software* de simulação computorizada para prever o consumo de energia da instalação. Um modelo de simulação deve ser calibrado. A Opção D pode ser usada para avaliar o desempenho energético de todas as MREs numa instalação. No entanto, a ferramenta de simulação da Opção D permite estimar a poupança atribuível a cada MRE. A Opção D é útil onde: os dados de energia do consumo de referência não existem ou não estão disponíveis; os dados de energia do período de reporte não estão disponíveis; quando as opções A ou B são muito difíceis ou dispendiosas. A Opção D é a abordagem principal de M&V para avaliar a inclusão de medidas de eficiência energética na conceção de novas instalações. A modelação e calibração precisa feita por computador aos dados de energia medidos são o maior desafio associado à Opção D.

A calibração é obtida, verificando se o modelo de simulação prevê razoavelmente os padrões de consumo de energia da instalação. Os dados de calibração devem ser documentados no Plano de M&V juntamente com a descrição das suas origens.

Se é necessária a avaliação do desempenho energético durante muitos anos, a Opção D pode ser usada para o primeiro ano depois de as MREs estarem instaladas. Nos anos seguintes, a Opção C pode ser menos dispendiosa do que a Opção D.

A Opção D é utilizada onde nenhuma outra opção é praticável [5].

Capítulo 3

Caracterização do edifício da Faculdade de Farmácia

3.1 Estrutura do Edifício

As instalações da FFUC localizam-se no Pólo III da UC, tendo sido iniciada a mudança para as novas instalações a Fevereiro de 2009. Este edifício apresenta uma forma poligonal de base retangular com o topo norte em cunha e trata-se de um edifício recente, complexo e muito amplo, estando este representado na figura 1.



Figura 1 - Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra.

O edifício possui uma área bruta de 13230 m² e uma área total de superfície de pavimentos de 10332,1 m², sendo constituído por 7 pisos, incluindo o piso de estacionamento (subterrâneo) e o de cobertura. Estes pisos formam unidades funcionais distintas que incluem: as atividades letivas da Faculdade - pisos 2 e 3 (pisos com maior intensidade de utilização); o ensino avançado, a investigação e a instalação de docentes - pisos 4, 5 e 6 (pisos de acesso mais restrito e com menor intensidade de utilização) [6].

3.2 Principais equipamentos consumidores de energia

Como principais equipamentos consumidores de energia instalados no edifício da FFUC estão: a iluminação interior do edifício, os sistemas AVAC e as várias unidades de frio, entre elas frigoríficos e arcas de congelação verticais. Existem também outros equipamentos com consumos significativos de energia, incluindo elevadores, bombas de água e uma câmara frigorífica de piso.

A iluminação é constituída por luminárias dos seguintes tipos [7]:

- **F1** – E.E.E. TME 1x18, 1x36, 1x58 e 2x58W;
- **F2** – Lledó ODEL-LUX OD 6821 2x58W;

- **F3** – E.E.E. NPES 1x36 e 1x58W;
- **F4** – E.E.E. MHPD 1x18, 1x36, 2x36, 1x58 e 2x58W;
- **F5** – E.E.E. TFAL 1x58W;
- **F6** – Disano 6401 (1x18, 1x36W);
- **F7** – Disano 6501 (2x36, 2x58W);
- **F8** – E.E.E. TFA 2x58W;
- **SP1** – Exporlux EZEX-D 2x18W;
- **SP2** - Exporlux EZEX-D 2x26W;
- **SP3** – Exporlux Mercury C 226 HF;
- **Projektor tipo U2** – Exporlux RPR – JM 70 W.
- **Balastos** – Consideram-se potências (lâmpada + balastro) de 18,2W, 35W, 54W, 69,8W e 106,8W para as luminárias de 1x18, 1x36, 1x58, 2x36 e 2x58W respectivamente.

As lâmpadas instaladas, todas da marca Philips, consistem nos seguintes três tipos:

1. Master TL-D Super 80 18W/840 1SL;

Lâmpada da classe T8;

Fluxo luminoso de 1350 lm e uma temperatura de cor de 4000 °K;

Eficiência de 75 lm/W;

Luminância média de 1 cd/cm².

2. Master TL-D Super 80 36W/840 1SL;

Lâmpada da classe T8;

Fluxo luminoso de 3350 lm e temperatura de cor de 4000 °K;

Eficiência de 93 lm/W;

Luminância média de 1.25 cd/cm².

3. Master TL-D Super 80 58W/840 1SL;

Lâmpada da classe T8;

Fluxo luminoso de 5240 lm e temperatura de cor de 4000 °K;

Eficiência de 90 lm/W;

Luminância média de 1 cd/cm².

A distribuição da iluminação por piso encontra-se representada na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição da iluminação por tipo e piso.

Piso (nº lum.) Tipo lumin.	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Piso 6	Piso 7
F1 1x18W	-	2	-	9	9	10	-

F1 1x36W	-	177	31	45	43	52	-
F1 1x58W	-	89	75	47	48	45	-
F1 2x58W	-	66	-	-	-	-	-
F2 2x58W	-	-	8	41	41	41	-
F3 1x36W	-	-	7	-	-	-	2
F3 1x58W	-	23	22	27	27	27	-
F4 1x18W	-	11	11	6	6	6	-
F4 1x36W	2	5	-	-	-	-	-
F4 2x36W	7	-	-	-	-	-	-
F4 1x58W	-	-	-	-	-	-	18
F4 2x58W	136	20	6	6	6	4	2
F5 1x58W	-	19	-	-	-	-	-
F6 1x18W	-	-	4	-	-	-	-
F6 1x36W	8	8	4	8	6	8	-
F7 2x36W	-	-	88	118	119	121	-
F7 2x58W	-	-	2	-	-	-	-
F8 2x58W	-	5	-	-	-	-	-
SP1 2x18W	-	20	13	8	8	8	-
SP2 2x26W	-	-	-	-	-	-	-
SP3 2x26W	-	2	-	-	-	-	-
Projektor U2 70 W	-	7	-	-	-	-	-
Total Piso L+B [W]	15363.4	24673	15300.2	19668	19651.8	19819	1255.6

Os AVAC mais importantes do ponto de vista de consumo de energia incluem duas UTA's, dois *chillers*, ventiladores de extração e insuflação e uma caldeira, com as características descritas a seguir:

- **Unidades de Tratamento de Ar – Anfiteatros** – Ciat Club 60 (Unidade interna/compacta – 24kW);
- **Unidade de Tratamento de Ar – Sala de conferência** – Ciat AHU CLIMACIAT AIRTECH 50;
- **UTA – Laboratórios** – Ciat tipo club 15 HP (11 kW);
- **Unidades de Tratamento de Ar Novo** – Ciat AHU CLIMACIAT AIRTECH 375;
- **chiller** – Ciat Powerciat 1500Z série LXC R407C (319 kW)) EER/ESEER: 2,35/2,94;
- **chiller** – Ciat Powerciat 1200Z série LXC R407C (104.5 kW) EER/ESEER: 2,31/2,92;
- **114 Ventiladores de exaustão dos laboratórios** – Ventplast Série P, modelos: P254*0,12kW, PA134*0,12kW, P284*0,18kW;

- **Ventiladores, caixas de ventilação de uma velocidade** – Aldes Vekita +3000, Aldes Vekita +2000, Aldes Vekita +700, Aldes Vekita +450, Systemair.
- **Ventiladores, caixas de ventilação de duas velocidades** – Mvent modelo DA 10/10-696-0.45/0.12 kW, Systemair.
- **Caldeira** – BUDERUS LOGANO SK 725, 1070 kW, $\eta=94\%$.
- **Queimador** – Sant Andrea OSA 100/2G.

Encontram-se ainda na faculdade os frigoríficos e arcas listados nas Tabelas 2 e 3 respetivamente.

Tabela 2- Caracterização por classes dos frigoríficos da Faculdade de Farmácia.

Frigorífico (Marca/Modelo)	Tipo (Combinado/Uma porta/Pequeno de uma porta)	Classe	Local (Laboratório/Sala)
Gorenje	Pequeno de uma porta	<B	Courette técnica pisso -1
Liebherr	Uma porta	A-B	OL.09
Liebherr Confort No Frost Power Cooling	Uma porta	A	OL.12
Certilab Tenak Vestfrost	Uma porta	A-B	OL.04
Hoover S.	Uma porta	A	Análises Clínicas
Ariston (desativado)	Combinado	<B	Análises Clínicas
Indesit	Uma porta	A	Análises Clínicas
Indesit	Uma porta	A	Análises Clínicas
Haier HR-135A/A	Pequeno de uma porta	B	OL.16
Riedel VKS 2101 KS	Uma porta	A-B	OL.16
Riedel VKS 2101 KS	Uma porta	A-B	OL.16
Indesit	Combinado	A-B	1L.15/16/17
AEG Santo Pro Fresh Plus	Uma porta	>A	1L.19/20
Orima	Uma porta	<B	1L.22/23
Bosch	Combinado	A+	1L.24/25
Indesit	Uma porta	A	1L.14
Zanussi	Combinado	>A	1L.14
Hoover	Combinado	A	1L.09/10
Hoover Optima	Combinado	<B	1L.08/09/10
Gram	Pequeno de uma porta	A-B	1L.08/09/10
Hoover Crystal Cold Deluxe	Combinado	<B	1L.08/09/10
AEG S53600CSW0	Combinado	A++	1L.08/09/10

Edesa	Pequeno de uma porta	A-B	1L.1/2
Liebherr Confort No Frost	Combinado	A-B	2L.01/02
Siemens Sika Frost	Uma porta	A-B	2L.11/12
Gram	Pequeno de uma porta	A-B	2L.11/12
Zanussi	Combinado	A-B	2L.11/12
Bosch Cooler	Combinado	A-B	2L.21/22
Bosch	Combinado	A-B	2L.19/20
Bosch	Combinado	A++	2L.19/20
Hoover	Combinado	A-B	2L.15/16
Zanussi	Combinado	>A	2L.11/12
Fidelis	Pequeno de uma porta	<B	3L.08/09/10
Ignis	Uma porta	<B	3L.08/09/10
AEG Santo Cold&Dry	Combinado	>A	3L.08/09/10
Balay	Combinado	A-B	3L.08/09/10
Telepac	Combinado	A-B	3L.08/09/10
Zanussi (400612)	Uma porta	A-B	3L.23/24
Whirlpool	Uma porta	A	3L.23/24
Zanussi (402203)	Combinado	<B	3L.23/24
Bosch Cooler Electronic Control	Combinado	A-B	3L.23/24
Whirlpool	Combinado	A	3L.21/22
Hoover	Combinado	A	3L.20
Liebherr	Combinado	A-B	3L.20
Whirlpool	Combinado	<B	3L.20
Belsa Equatorial	Combinado	<B	3L.18
Candy	Pequeno de uma porta	A-B	3L.17
Ariston Hotpoint	Uma porta	A+	3L.15/16
Lec Technical	Combinado	<B	3L.15/16
AEG	Combinado	<B	3L.15/16
Candy	Pequeno de uma porta	A-B	3L.15/16

Tabela 3- Caracterização por classes das arcas da Faculdade de Farmácia.

Arca (Marca/Modelo)	Tipo (Vertical/Horizontal/Vertical pequena)	Classe	Local (Laboratório/Sala)
Kirsch Froster 320	Vertical	A-B	Análises Clínicas
AEG Arctis No Frost	Vertical	>A	1L.19/20
AEG Arctis No Frost	Vertical	>A	1L.22/23

Gram	Pequena de uma porta	A-B	1L.08/09/10
Hoover (desativada)	Vertical	<B	1L.08/09/10
Snijders Scientific	Vertical (-80°C)	>A	Courette do piso 4
Siemens Confort	Vertical	<B	2L.04
Newbrunswick ultra low temperature	Vertical (-80°C)	>A	Corredor do piso 5
AEG Arctis No Frost	Vertical	>A	2L.24
Snijders Scientific	Vertical (-80°C)	>A	2L.24
Liebherr Confort	Vertical	A-B	2L.24
Eletrolux	Vertical	A-B	2L.15/16
Siemens Four Seasons	Vertical	>A	2L.14
Gram	Pequena de uma porta	A-B	2L.11/12
AEG Arctis	Vertical	>A	2L.14
Hoover	Vertical	A-B	3L.08/09/10
Ariston	Vertical	>A	3L.08/09/10
Hoover (combinado)	Vertical	<B	3L.08/09/10
Electrolux	Vertical	A-B	3L.08/09/10
Zanussi Z9250VF	Vertical	<B	3L.23/24
Balay	Horizontal	A-B	3L.23/24
AEG Electrolux Arctis	Vertical	>A	3L.21/22
Snijders Scientific	Vertical (-80°C)	>A	Corredor do piso 6
Candy	Vertical pequena	A-B	3L17
Candy	Vertical pequena	A-B	3L17
Zanussi	Vertical	>A	Biotério
Zanussi Spazio +	Vertical	>A	Biotério

Para efeitos de aquecimento de águas sanitárias, existem termoacumuladores instalados nos laboratórios com as seguintes características:

- **Termoacumuladores** – Efacec 50L - 1000W - 230 V.

Relativamente a outros equipamentos com consumos importantes de energia, caracterizam-se da seguinte forma:

- **Bombas de circulação de água BPC1 e BPC2** – Grundfos TP-80-110/4 Grundfos CAPS (bombas TP: circulação de caudal constante).

- **Bombas de circulação de água BSC1D e BSC2D** – Grundfos TPED 65-240/4 Grundfos CAPS (com conversor de frequência integrado).
- **Bombas de circulação de água BSF 1D e BSF 2D** – Grundfos TPED 80-270/4 Grundfos CAPS (com conversor de frequência integrado).
- **Elevadores 1 e 2** – Kone PW08/16-19, Kone Portugal, 630 Kg 8 pessoas.
- **Elevador monta-cargas** – Kone PW26/10-19, Kone Portugal, 2000 Kg 20 pessoas.
- **Câmara frigorífica de piso (Compressor)** – Bitzer/CBS58V2/2FC-3.2Y, Electro-refrigeração.
- **Câmaras climáticas (Oficinas gerais)** – 1 câmara Heraeus HC 0020, 2 câmaras Binder.
- **Ventilação do armazém de reagentes** – Unidades de Indução O.F.1 e REAG e ventiladores VE/1 REAG e VE/1 ARR.

3.3 Evolução do consumo de energia ativa

No gráfico da figura 2, pode-se visualizar o consumo de energia ativa na FFUC, desde Maio de 2014 até Maio de 2015.

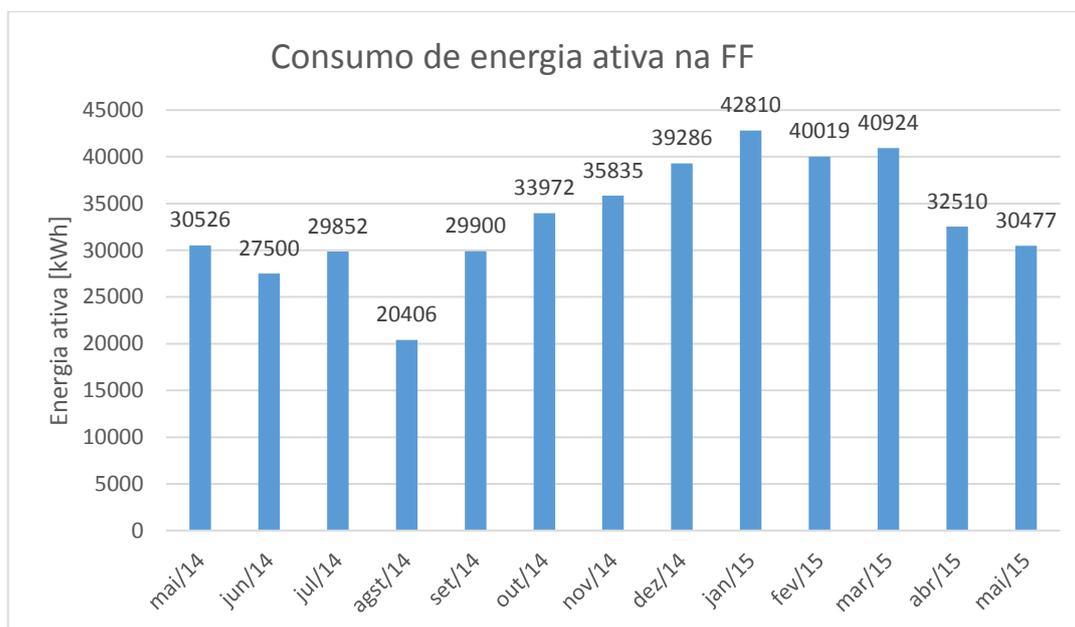


Figura 2 - Evolução do consumo de energia ativa ao longo de um ano na FFUC.

Pela figura, pode-se constatar que a evolução do consumo de energia ativa na FFUC, não é linear ao longo dos meses. Pelo contrário, existe uma forte variação entre os meses em que o edifício se encontra ocupado e o mês de Agosto, em que o edifício quase não tem ocupação. Um aumento substancial no consumo de energia é também notado nos meses mais frios de Dezembro,

Janeiro e Fevereiro. Este aumento justifica-se principalmente com a utilização de equipamentos de climatização individuais, nomeadamente de aquecedores elétricos, utilizados de forma a colmatar a ineficácia do sistema hidráulico de climatização, onde é utilizada a caldeira a gás natural referida. O aumento do consumo de energia durante o mês de Julho deve-se principalmente ao início da utilização das unidades hidráulicas de climatização *chiller*.

Considerando os diferentes períodos horários, observou-se que o período com consumos de energia mais elevados é o período de horas cheias, ou seja, quando o edifício se encontra com a maior taxa de ocupação. Este consumo encontra-se representado na figura 3 e está relacionado com a utilização dos sistemas de iluminação, dos equipamentos laboratoriais e unidades de frio, instalados em grande número na FFUC.

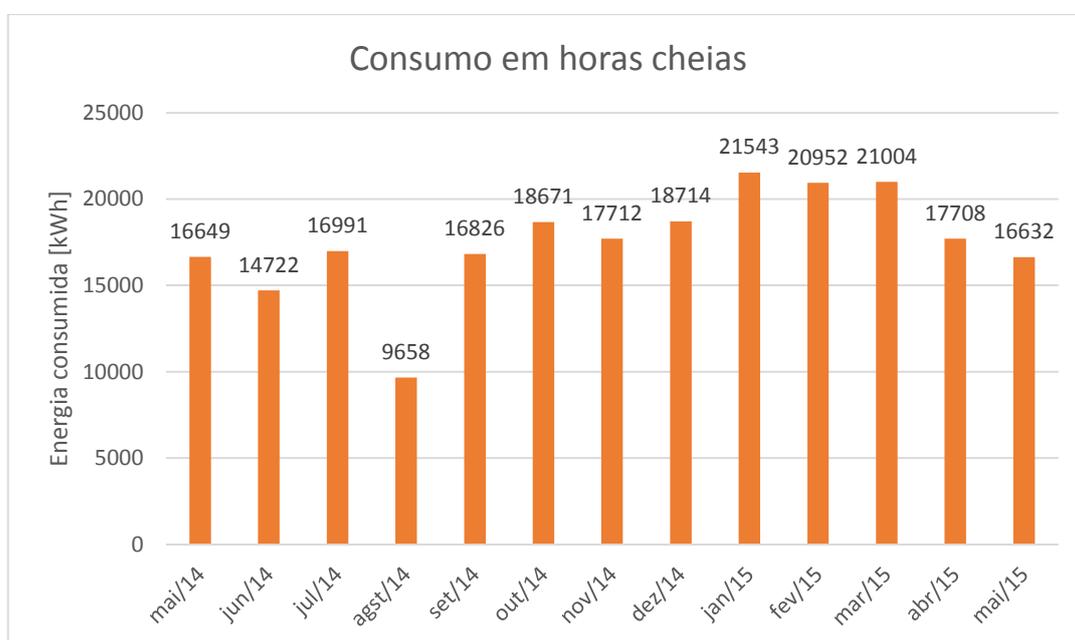


Figura 3 - Consumo de energia em horas cheias na FFUC.

Relativamente aos ventiladores de extração dos laboratórios, estes têm três regimes de funcionamento: funcionamento permanente, não funcionamento e funcionamento em período letivo para alunos de dissertação. Com funcionamento permanente encontram-se a funcionar 52 ventiladores de extração dos laboratórios, com uma potência ativa instantânea de 90 W, que representam um consumo anual de 40997 kWh e um consumo mensal de 3370 kWh. A funcionar durante o ano letivo encontram-se 19 ventiladores de extração que representam um consumo anual de 13215 kWh e um consumo mensal de 1231 kWh. Os ventiladores de extração em funcionamento representam um consumo mensal de 4600,8 kWh, em período letivo.

Devem também ser considerados os consumos constantes das unidades de frio (frigoríficos e arcas de congelação), da câmara frigorífica do piso 5, das arcas de ultracongelação (-80 °C), das câmaras climáticas e ainda da ventilação, com funcionamento constante, do armazém de reagentes. Relativamente aos frigoríficos estes representam um consumo anual estimado de 13588 kWh, o que resulta num consumo mensal próximo de 1132 kWh. As arcas de congelação e ultracongelação representam um consumo anual de aproximadamente 28293 kWh e mensal de 2358 kWh. Quanto às três câmaras climáticas estas representam um consumo de energia mensal próximo de 1242 kWh. A câmara de frio representa um consumo mensal aproximado de 614 kWh. Finalmente a ventilação do armazém de reagentes representam um consumo mensal de 1332 kWh. Os equipamentos referidos anteriormente representam um consumo mensal fixo de 11280 kWh, tendo em conta a ventilação e todas as tecnologias de frio/climatização.

Encontra-se ainda ligado no QGBT (quadro geral de baixa tensão) a alimentação para a delegação do banco Santander que se encontra perto da entrada da Faculdade de Farmácia ao nível do piso 3 (receção). Através da monitorização determinou-se um consumo mensal próximo de 1466 kWh.

Quanto à iluminação dos espaços comuns, considera-se que esta funciona 16 h por dia em média com metade do número das luminárias instaladas, uma vez que tem sido estratégia habitual na Faculdade de Farmácia intercalar as luminárias utilizadas na iluminação dos espaços comuns. Como tal, obtém-se um consumo estimado de 211 kWh diários em iluminação dos espaços comuns da FFUC, resultando num consumo mensal de 6323 kWh.

Quanto aos elevadores, estes representam um consumo mensal aproximado de 859 kWh, para os elevadores 1 e 2 e monta-cargas para o período letivo.

Considerando os consumos referidos, soma-se um consumo mensal estimado de 19927 kWh para o período letivo da perspetiva dos alunos de dissertação.

Relativamente às UTA's dos laboratórios e de tratamento de ar novo, estas não se encontram a funcionar atualmente devido a problemas técnicos. Por outro lado, as UTA's da sala de conferências e dos anfiteatros funcionam a pedido dos docentes, em período letivo, com potências ativas de regime permanente de 0,8 kW para a UTA da sala de conferências, de 1,4 kW para as UTA's dos anfiteatros a funcionar com velocidade I e de 1,8 kW a funcionar com velocidade II. Existem também ventiladores associados a estas UTA's, com potências ativas em regime permanente de 1,2 kW para o ventilador da sala de conferências, de 202 W para os

ventiladores dos anfiteatros a funcionar com velocidade I e de 740 W a funcionar com velocidade II.

Existem também os ventiladores: da reprografia, com funcionamento das 08:00 horas às 21:00, com uma potência ativa de 100 W em regime permanente; das instalações sanitárias VE/3 A.IS e VE/2 B.IS com um consumo semanal de 23,93 kWh, ou seja, mensal de 95,72 kWh.

Encontra-se na figura 4, a desagregação dos consumos em período letivo referidos.



Figura 4 – Gráfico dos consumos de energia em período letivo.

Finalmente, encontram-se instalados equipamentos de ar condicionado e vários equipamentos de laboratório, tais como incubadoras e centrífugas, listados no Anexo J.

Capítulo 4

Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PRCE)

O Plano de Racionalização do Consumo de Energia (PRCE) foi elaborado através de diversas monitorizações realizadas na Faculdade de Farmácia, que permitiram obter informação sobre os diferentes consumos de energia. Por outro lado, foram também importantes as inspeções visuais às instalações, tais como os diálogos com os funcionários, docentes e utentes, para melhor compreender os regimes de utilização dos vários equipamentos instalados.

4.1 Identificação do edifício

A identificação do edifício e a caracterização dos principais equipamentos consumidores de energia, encontra-se no 3 capítulo da dissertação, tal como a evolução do consumo de energia ativa durante o ano de 2014/15 e ainda a desagregação do consumo de energia ativa geral do edifício em diferentes consumos referentes a diferentes tipos de equipamentos utilizadores de energia elétrica, instalados no edifício.

4.2 Consumos mensais e anuais em eletricidade e gás natural, no ano de referência

O Decreto-Lei n.º71/2008, de 15 de Abril, define que uma instalação é consumidora intensiva de energia (CIE) sempre que tenha um consumo anual superior a 500 toneladas equivalente de petróleo (tep). Os fatores de conversão utilizados para converter o consumo de eletricidade de kWh para tep e os consumos de gás natural de m³ para tep encontram-se no Despacho n.º17313/2008, de 15 de Abril. Com os dados dos consumos anuais dos diversos vetores energéticos, convertidos para a unidade tep, obtém-se o consumo energético anual equivalente de uma instalação, identificando a sua categoria e assim o modo de gestão do PRCE [3] [8].

Da análise dos consumos mensais da Faculdade de Farmácia, observa-se que os meses de maior consumo de energia elétrica e de gás natural são Dezembro, Janeiro e Fevereiro, razão facilmente justificável por serem os meses onde se registam temperaturas mais baixas.

O fator de conversão utilizado para converter a unidade de kWh para a unidade tep dos consumos de eletricidade é igual a 0,000215 tep/kWh. Relativamente ao gás natural, os fatores de conversão utilizados para converter a unidade de m³ para tep, foram os de 0,8404 kg/m³N e de 1,077 tep/t [8].

Tabela 4 - Caracterização do consumo anual do edifício.

Meses	Consumo elétrico [kWh]	Consumo de gás natural [m³]	Consumo total equivalente [tep]
Junho 14	27500	3	5,92
Julho 14	29852	7	6,42
Agosto 14	20406	1	4,39
Setembro 14	29900	4	6,43
Outubro 14	33972	21	7,32
Novembro 14	35835	30	7,73
Dezembro 14	39286	1961	10,22
Janeiro 15	42810	4256	13,06
Fevereiro 15	40019	1642	10,09
Março 15	40924	910	9,62
Abril 15	32510	473	7,42
Mai 15	30477	5	6,56
Total	403491	9324	95,19

O resultado da conversão do consumo total do edifício para tep, exibido na tabela 3, veio mostrar que embora a instalação possua uma potência instalada considerável em iluminação, unidades de frio, equipamentos de climatização e aparelhos elétricos, o consumo de energia não ultrapassa o patamar de 500 tep/ano, para que esta seja considerada como uma instalação de consumo intensivo (CIE). Apesar de este limiar não ser atingido, existe o interesse de seguir os mesmos procedimentos que seriam seguidos para a elaboração de um PRCE de uma instalação CIE, ou seja, com um consumo anual de energia superior a 500 tep/ano, em que existe a obrigação de aplicar o PRCE num período de 8 anos. Os indicadores energéticos usados para definir as linhas orientadoras do PRCE para o edifício da FFUC, são o consumo específico de energia (CEE) e a intensidade carbónica (IC). A partir destes dois indicadores é possível verificar o cumprimento das metas definidas no PRCE. A definição destes indicadores já foi apresentada no capítulo 2 e o seu cálculo é apresentado no seguimento da dissertação.

4.3 Consumo específico de energia do ano de referência

O CEE [kgep/m²], como visto anteriormente calcula-se através do quociente entre o consumo de energia em unidades equivalentes de petróleo [kgep] e a área útil do edifício, definida anteriormente, como sendo de 10332,1 m². Através destes valores obtém-se um CEE = 9,21 [kgep/m²]. A meta de redução deste indicador é de 4 % em 8 anos [3].

4.4 Intensidade Carbónica do ano de referência

Para o cálculo da intensidade carbónica, foi considerado o fator de emissão (FE) relativo à eletricidade de 0,47 kgCO_{2e}/kWh o FE relativo ao gás natural de 2683,7 kgCO_{2e}/tep, tabelados de acordo com a Portaria nº36/2008 de 21 de Janeiro, 1.ª Série [8].

O consumo anual de energia refletiu-se em 22648,42 kg de emissões de CO₂ devido ao consumo de gás natural e em 189640,8 kg de CO₂ devido ao consumo de eletricidade, perfazendo 212289,2 kg de CO₂. Com o valor de emissões de CO₂ calculado e com valor do consumo total de energia (tep), calculou-se a intensidade carbónica total do ano de referência, que resultou em 2230,17 kgCO₂/tep. Em relação à intensidade carbónica, não existe exigência de definir metas mínimas de redução, apenas de garantir que os valores históricos da intensidade carbónica se mantêm [3].

4.5 Cálculo das metas de redução do CEE, nos anos de vigência do PRCE

Depois de efetuados os cálculos para obtenção dos indicadores energéticos, que permitem orientar o PRCE, torna-se necessário definir as metas mínimas exigidas para redução do CEE para instalações CIE com um consumo anual situado entre 500 tep/ano e 1000 tep/ano. Nestas condições, o CEE deve apresentar uma redução mínima de 4 % em 8 anos, ou seja, de 0,5 % por cada ano de vigência do PRCE. Com isto, calcula-se a meta final de redução do CEE através da equação (5).

$$\text{CEE ao fim de 8 anos} = (1 - 0,04) * \text{CEE do ano de referência} \quad (5)$$

Com isto, calcula-se que o CEE no final do PRCE deve ser de 8,84 [kgep/m²], o que implica uma redução de 0,37 [kgep/m²], durante os anos de vigência do PRCE, ou seja, de 16990,56 kWh durante 8 anos.

4.6 Medidas de Racionalização de Energia

Para atingir as metas referidas é necessário elaborar um PRCE, em que conste um conjunto de medidas de racionalização de energia (MRE), um plano para a sua implementação durante os anos de vigência do PRCE e ainda o impacto que essas medidas têm nos indicadores energéticos.

Ao elaborar as MRE, é importante calcular os períodos de retorno dos investimentos (PRI), de forma a criar um calendário para a sua implementação durante o período de duração do PRCE. Uma vez que o PRCE para o edifício da Faculdade de Farmácia vai seguir as mesmas orientações que teria caso tivesse um consumo de energia superior a 500 tep/ano, deve-se garantir que as MRE com um PRI inferior ou igual a três anos, são implementadas nos primeiros três anos de vigência do PRCE. Embora não seja previsto no decreto-lei em vigor que regula os SGCIE, optou-se por conceber um plano de medição e verificação (M&V) para cada uma das MRE, cumprindo assim as boas práticas de eficiência energética.

As medidas identificadas foram as seguintes:

1. Ação de sensibilização para a maior utilização das escadas em detrimento dos elevadores;
2. Controlo de iluminação através da fotocélula;
3. Controlo do *chiller* em função da temperatura exterior;
4. Controlo dos ventiladores de extração dos laboratórios através do SGTC;
5. Instalação de equipamento ECube na câmara frigorífica do piso 5;
6. Instalação de detetores de ocupação nas escadas do edifício;
7. Instalação de painéis solares fotovoltaicos na cobertura da Faculdade de Farmácia para produção de energia em regime de autoconsumo;
8. Substituição de frigoríficos de classe de eficiência energética baixa por unidades eficientes.

Nos subcapítulos serão abordadas de forma separada as diferentes medidas,

4.6.1 Ação de sensibilização para a maior utilização das escadas em detrimento dos elevadores

Esta medida tem como objetivo encorajar a utilização das escadas da FFUC, em detrimento dos elevadores, de forma a reduzir o consumo de energia destes, através do incentivo a um estilo de vida mais saudável, sem contudo por em causa o conforto dos utentes do edifício. A redução do número de utilizações dos elevadores diminui também os seus custos de manutenção. De forma a conseguir alcançar o que se propõe, devem ser implementadas duas medidas.

A primeira, consiste em manter as portas de acesso à escadaria da FFUC abertas, de forma a criar um primeiro incentivo visual para a utilização das escadas e ainda de garantir a segurança em caso de incêndio. Por outro lado, as portas em questão representam o acesso a escadas descendentes, que por sua vez são mais apelativas para utilização como percurso de deslocação alternativo aos elevadores.

A segunda medida, passa por implementar uma campanha de sensibilização que persuade os utilizadores do edifício a utilizar mais a escadaria em detrimento dos elevadores para que se consiga reduzir o consumo de energia destes equipamentos. Para esse efeito escolheram-se os autocolantes representados nas figuras 5 e 6. Verificou-se também que a combinação do uso de sinais motivacionais com sinais direcionais aumenta a utilização das escadas [9]. Optou-se ainda pela elaboração de um cartaz motivacional, que incide sobretudo em aspetos positivos que a utilização das escadas traz para a saúde. Espera-se que este cartaz motivacional tenha um efeito importante na maior utilização da escadaria do edifício, visto este inserir-se no Pólo Universitário III, representativo da área da saúde. O cartaz do apêndice I e autocolantes devem ser impressos e afixados nas zonas de acesso a escadas e a elevadores, com uma altura de 1,70 m a partir do chão.



Figura 5- Autocolante motivacional da ação de sensibilização.

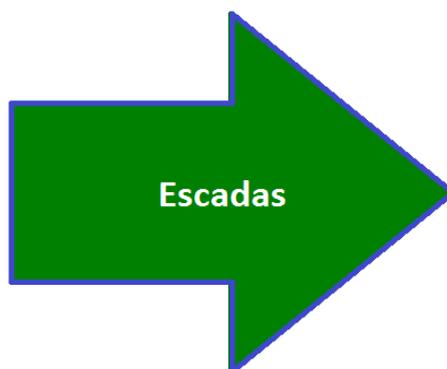


Figura 6 - Autocolante direcional da ação de sensibilização.

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia dos elevadores 1 e monta-cargas durante uma semana, ou seja, utilizando a Opção B do IPMVP. Para o efeito deve ser utilizado um equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro geral de baixa tensão (QGBT) - barramento de emergência. O equipamento deve ser configurado para monitorizações com a duração de uma semana, com intervalos de 10 em 10 minutos. O custo da energia consumida deve ser calculado tendo em conta o número de horas dos diferentes períodos horários com preços por kWh diferentes.

4.6.2 Controlo de iluminação através da fotocélula

Com esta medida pretende-se otimizar o funcionamento da fotocélula e através da mesma comandar os circuitos de iluminação das zonas com boa iluminação natural evitando assim gastos de energia desnecessários. A principal barreira identificada à implementação desta medida consiste em garantir o conforto visual dos ocupantes do edifício.

Para o efeito deve ser criada uma banda de valores de iluminância para a transição de estados da iluminação ON/OFF, de modo a evitar intermitências na iluminação que por sua vez causam desconforto e um maior desgaste dos materiais. De forma a ter um controlo que não cause desconforto deve definir-se na programação do SGTC a seguinte banda de valores de iluminância:

- A partir de 3000 lux a iluminação artificial é desligada;
- A iluminação artificial é ligada novamente apenas quando a iluminância exterior é inferior a 2000 lux.

Estes valores foram obtidos tendo em conta a iluminância exterior de Lisboa, como referido no apêndice B [10]. Entre os espaços com iluminação natural disponível encontram-se: os corredores dos gabinetes, o *hall* das instalações sanitárias, o *hall* das fotocopiadoras e o *hall* de ligação entre os gabinetes e os laboratórios de cada piso.

O plano de M&V deve ser implementado através da análise das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação em questão utilizando para o efeito o SGTC instalado na FFUC e da multiplicação do número de horas pela potência das luminárias obtendo-se assim o consumo energético para comparação com o consumo de referência.

4.6.3 Controlo do *chiller* em função da temperatura exterior

De momento encontram-se instaladas na FFUC duas unidades de climatização *chiller*: Ciat Powerciat 1500Z (*chiller* 1) e 1200Z (*chiller* 2). Uma delas encontra-se com uma avaria, estando portanto em funcionamento a unidade de maiores dimensões (*chiller* 1).

Com esta medida pretende-se controlar o *chiller* de forma automática em função da temperatura exterior e, assim, otimizar o seu funcionamento e reduzir o consumo de energia desta importante unidade de climatização. De forma a controlar o *chiller* de modo automático, em função da temperatura, deve ser utilizado o SGTC. Para esse efeito deve ser instalada uma sonda de temperatura, estando esta ligada ao SGTC através de um módulo TAC Xenta 421A que tenha uma entrada de temperatura disponível.

Segundo informação dos funcionários da FFUC, foi estabelecido um horário de funcionamento do *chiller* das 10h até as 17h de segunda a sexta-feira, só a partir da altura em que houve queixas relativas ao calor sentido por parte dos docentes do edifício. Este tipo de funcionamento foi iniciado no dia 19 de Junho durante a segunda vaga de calor sentida nesse mês como se pode confirmar pelo gráfico da figura 7 [11].

Através da análise das temperaturas registadas durante o Verão de 2015, optou-se por escolher dois limiares de temperatura para controlar o *chiller*. Um para servir como condição para

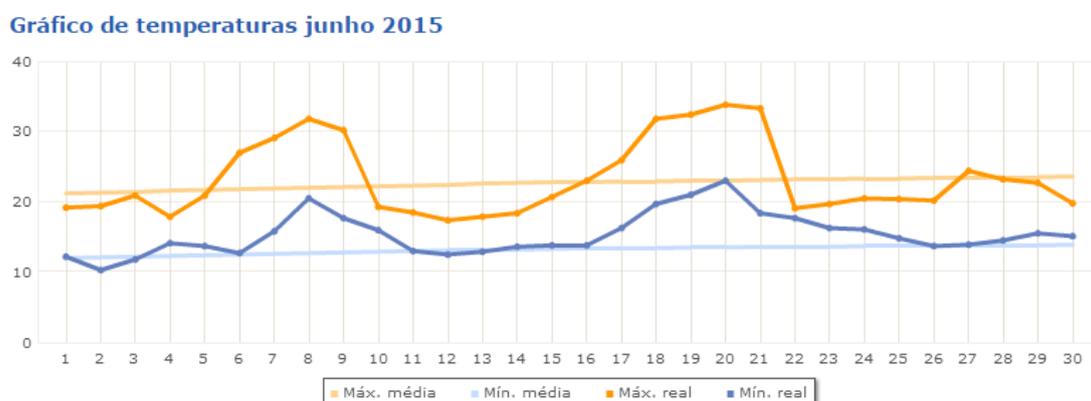


Figura 7 – Gráfico de temperaturas mensal: Coimbra Junho de 2015

se poder ligar o *chiller* através do SGTC e outro para o desligar. Na figura 8, onde se representam as temperaturas médias ao longo do ano em Coimbra [12], definiram-se os dois limiares para a ilustração do controlo do *chiller*.

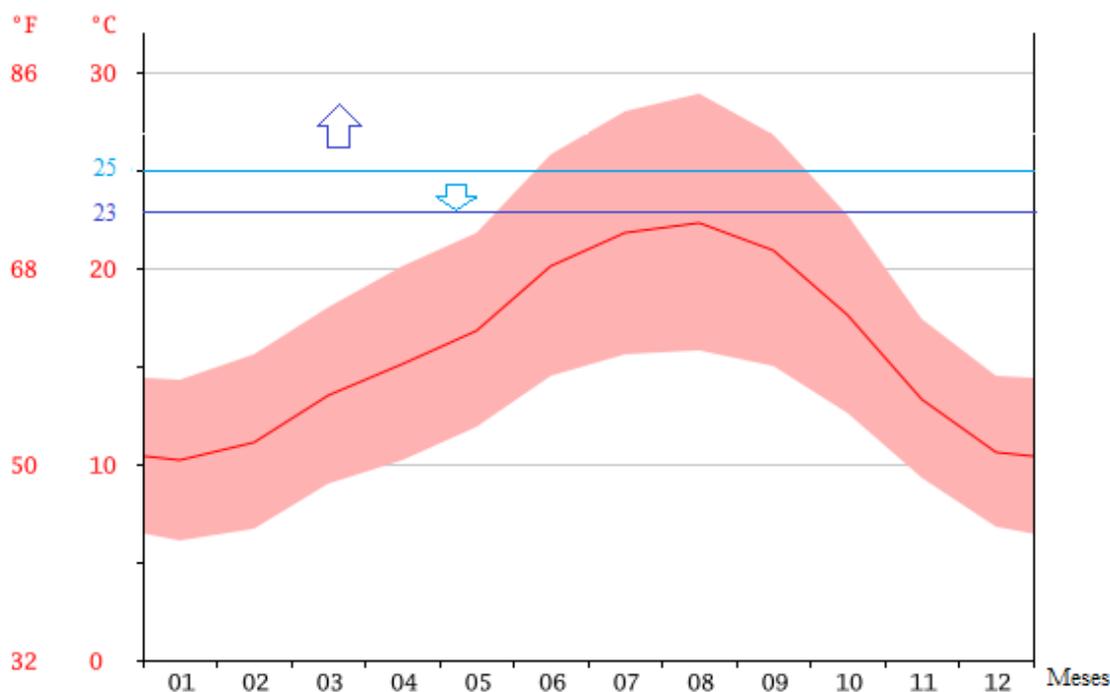


Figura 8 - Temperaturas médias de Coimbra e limiares de temperatura para controlo do chiller.

Como ilustrado, o *chiller* e as bombas de água irão funcionar quando se registarem temperaturas exteriores superiores a 25 °C e desligar quando a temperatura exterior descer abaixo dos 23 °C. Este intervalo de valores define-se para evitar o desligar/ligar constante do equipamento em questão. Este tipo de controlo permite também reduzir o número de horas de funcionamento diárias, mas como essa redução é difícil de estimar, não se incluiu no cálculo da poupança.

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia do *chiller* 1 do piso da cobertura durante uma semana, Opção B do IPMVP. Para o efeito deve ser utilizado um equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro da cobertura – QAC/C.CENTRAL. O equipamento deve ser configurado para uma monitorização com a duração de uma semana, com intervalos de tempo de 10 em 10 minutos. O custo da energia consumida deve ser calculado multiplicando a potência ativa média obtida pelo número de horas dos diferentes períodos horários com preços por kWh diferentes.

4.6.4 Controlo dos ventiladores de extração dos laboratórios através do SGTC

Com esta medida pretende-se tornar possível ligar e desligar os ventiladores dos laboratórios instalados na cobertura do edifício, que apenas são necessários em período de aulas e com isso evitar que estes permaneçam ligados ao longo de todo o ano letivo poupando assim energia.

Existem na cobertura do edifício da FFUC vários ventiladores de extração, estando estes divididos em três regimes de funcionamento:

- Funcionamento permanente;
- Não funcionamento;
- Funcionamento em período de aulas.

Os diferentes regimes foram definidos pelo pessoal responsável da FFUC e em conformidade com as necessidades de ventilação. O controlo dos vários ventiladores de extração apenas é possível nos disjuntores que se encontram no quadro da cobertura. Devido a esta limitação, os ventiladores que apenas são necessários em tempo de aulas são ligados no início do ano letivo e permanecem ligados até ao fim do mesmo.

De forma a tornar possível o controlo dos vários ventiladores, ou seja, dos vários motores de indução trifásicos torna-se necessário ter disponíveis, uma saída e uma entrada digitais de um módulo TAC Xenta 421A e ainda um contactor trifásico por cada motor como ilustrado na figura 9.

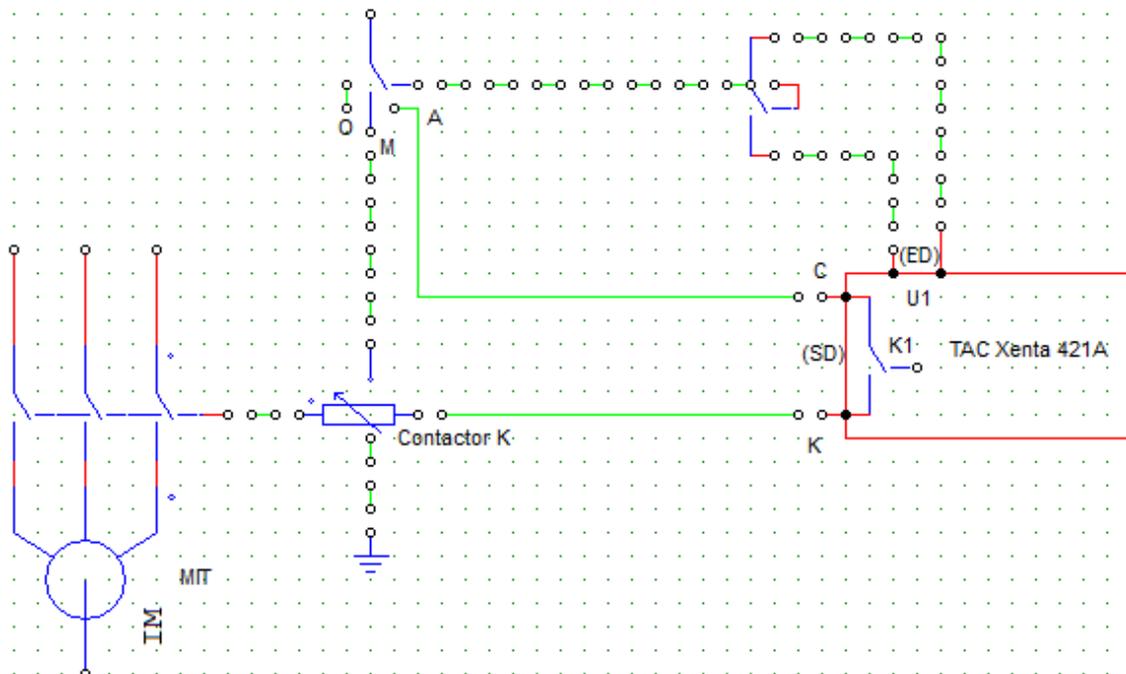


Figura 9 - Esquema de comando de um MIT

Com o esquema apresentado ficam disponíveis os seguintes sinais no módulo TAC Xenta 421A:

- Posição do comutador MAN/OFF/AUTO, em “Automático”, Entrada Digital;
- Comando do motor (via contactor K), Saída Digital.

Através de conversações, definiu-se como horário de funcionamento mínimo dos ventiladores de extração dos laboratórios com funcionamento em período de aulas, o horário das 08:00 h até as 21:00 h de segunda a sexta-feira durante o ano letivo. Este horário serve como referência, uma vez que satisfaz as necessidades mínimas de ventilação. Por outro lado, torna-se possível o controlo independente dos vários ventiladores no SGTC, garantindo assim o seu funcionamento sem restrições de horário. Esta MRE representa uma poupança energética superior a 50 % do consumo do período de referência.

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia de um ventilador de extração dos laboratórios durante uma semana e da extrapolação desse consumo para os restantes ventiladores, assumindo regimes de funcionamento idênticos ao horário de referência definido para o cálculo das poupanças. Para o efeito deve ser utilizado um equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro da cobertura – QAC/C.COIFAS. O equipamento deve ser configurado para monitorizações com a duração de uma semana, com intervalos de 10 em 10 minutos. O custo da energia consumida deve

ser calculado multiplicando a potência ativa média obtida pelo número de horas dos diferentes períodos horários com preços por kWh diferentes.

4.6.5 Instalação de equipamento ECube na câmara frigorífico do piso 5

Esta medida tem como objetivo a instalação de um equipamento ECube na sonda de temperatura da câmara frigorífica do piso 5 da Faculdade de Farmácia, e com isso reduzir o número de arranques efetuados pelo motor associado a esta câmara de refrigeração. Este equipamento permite reduzir drasticamente o número de ciclos de refrigeração/congelamento (em média 60 %), dando assim origem a uma redução do consumo de energia elétrica, tipicamente de 10 a 30 %.

A tecnologia da câmara de refrigeração instalada no piso 5, consiste do ponto de vista energético, principalmente, num compressor Bitzer/CBS58V2/2FC-3.2Y, detendo este a maior fatia do consumo monitorizado [7].

Este equipamento encontra-se em operação durante todo o ano e como tal, consideram-se as cinquenta e duas semanas contidas num ano.

Uma vez que esta câmara é usada frequentemente, considera-se que a introdução de um equipamento ECube na sonda de temperatura irá trazer uma redução de 20 % no consumo de energia da câmara em questão. Este valor de poupança foi obtido através da média aritmética das poupanças registadas em três hospitais públicos ingleses. Este equipamento (figura 10) consiste num dispositivo que contém um gel simulador da inércia térmica dos produtos armazenados, que por sua vez irá envolver a sonda de temperatura da câmara frigorífica. Com isto, a refrigeração vai ser controlada tendo em conta a temperatura de um material gelatinoso em vez da temperatura do ar, sendo esta última uma temperatura com mais flutuações. Consegue-se assim controlar de forma mais eficiente a unidade de refrigeração em análise.



Figura 10 - Equipamento ECube

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia da câmara de refrigeração do piso 5 durante duas semanas, uma durante o Verão e outra durante o Inverno, utilizando a Opção B do IPMVP. Para o efeito deve ser utilizado um equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro da cobertura Q.COB. – barramento normal. O equipamento deve ser configurado para monitorizações com a duração de uma semana. O custo da energia consumida deve ser calculado multiplicando a potência ativa média obtida pelo número de horas dos diferentes períodos horários com preços por kWh diferentes.

4.6.6 Instalação de detetores de ocupação nas escadas do edifício

Esta medida tem como objetivo a instalação de detetores de ocupação nas escadas interiores do edifício, de forma a controlar automaticamente a iluminação e com isso conseguir poupanças energéticas e reduzir gastos com manutenção. Esta MRE permite obter uma poupança energética de cerca de 80 %, tendo em conta o cenário de referência.

Atualmente, o controlo da iluminação das escadas de acesso interiores da FFUC, encontra-se disponível no SGTC do edifício. Esta iluminação funciona de forma permanente das 7:00 horas à 1:30 durante todos os dias da semana (18:30 h).

Uma vez que as escadas em questão são escadas com um patamar entre dois pisos subjacentes, considera-se que um detetor de ocupação (figura 11) instalado ao nível do patamar permite cobrir a ocupação dos dois níveis de acesso aos pisos. Com isto, torna-se então necessário à execução da medida a instalação de quatro detetores de ocupação nas escadas de acesso que vão

desde a garagem até ao piso 3, para a metade Norte e Sul. Estes quatro detetores permitem comandar 15 luminárias de 35 W e duas de 18,2 W. Em relação aos pisos superiores, considera-se novamente necessária a instalação de quatro detetores, isto devido à não utilização para efeitos de iluminação das luminárias dos pisos superiores 6 e cobertura (existência de boa iluminação natural). Estes detetores permitirão comandar 18 luminárias de 35 W e duas de 18,2 W. Concluindo, a instalação de 8 detetores de ocupação permite comandar de forma mais eficiente toda a iluminação utilizada nas escadas de acesso interiores do edifício.



Figura 11 - Detetor de Ocupação com um alcance de 12 metros.

O plano de medição e verificação deve ser implementado através da análise das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação em questão utilizando para o efeito o SGTC instalado na FFUC e da multiplicação do número de horas pela potência das luminárias obtendo-se assim o consumo energético para comparação com o consumo de referência.

4.6.7 Instalação de painéis solares fotovoltaicos na cobertura da Faculdade de Farmácia para produção de energia em regime de autoconsumo

Esta medida tem como objetivo a instalação de painéis solares fotovoltaicos na cobertura do edifício da Faculdade de Farmácia. Com esta instalação espera-se reduzir a fatura de energia através da incorporação da produção de eletricidade com os recursos naturais disponíveis. Consequentemente esta medida contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa associados à energia consumida.

Os painéis da figura 12 devem ser orientados a Sul com uma inclinação de entre 30° e 35 ° para maximizar o aproveitamento solar, dado a inclinação estar diretamente relacionada com a latitude do local de instalação.



Figura 12 - Painel PV policristalino de 260 W.

Uma vez que existe a restrição quanto à potência solar instalada, referida no apêndice G, determinou-se através do PGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) [13] e da área ocupada pelos suportes dos painéis, que a área atualmente disponível é mais do que suficiente para a instalação dos painéis. Ou seja, a limitação para o número de painéis é a potência que estes produzem e não o espaço livre. Como se pode observar na figura 13, em que se representou a ocupação quase total da área disponível (13 conjuntos de 5 painéis), sendo no entanto apenas possível instalar 5 conjuntos de 5 painéis solares fotovoltaicos devido à restrição mencionada.



Figura 13 - Representação da instalação de 13 conjuntos de 5 painéis solares PV na cobertura da FFUC (cada conjunto com a área indicada).

Como tecnologia escolheu-se um conjunto de 25 painéis fotovoltaicos policristalinos de 260 W cada. Estes painéis representam uma potência máxima de 6,5 kW, que garante a não injeção de energia na rede pública, como se pode comprovar no diagrama da figura 14, onde se representa o diagrama de carga de uma semana de Inverno (maiores consumos). Deve-se ter em atenção que as unidades da figura 14 obtidas através do SGE carecem ainda de correção, nomeadamente de substituir o consumo pela potência instantânea.

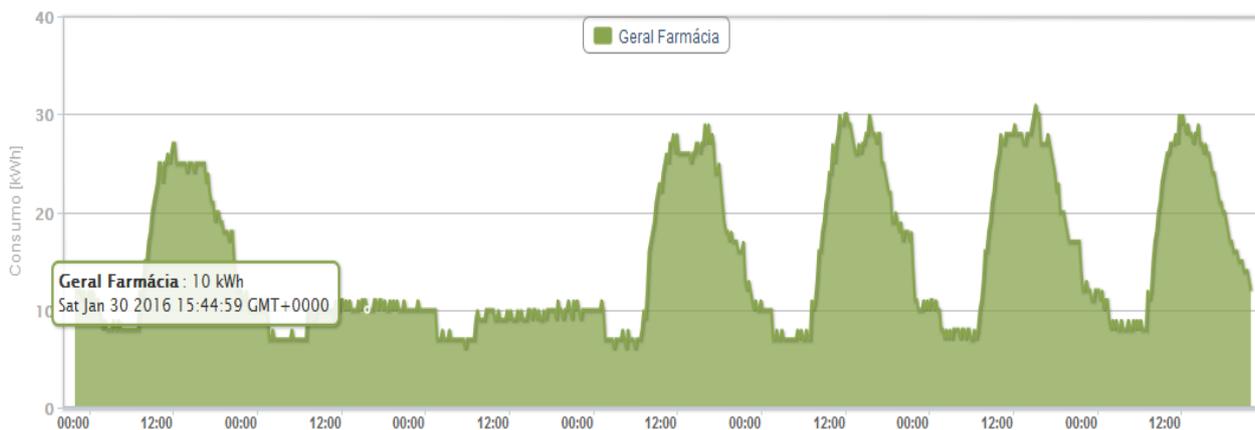


Figura 14 – Diagrama de carga da FFUC durante uma semana de Inverno.

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização da produção de energia dos painéis durante um mês de Verão. Para o efeito deve ser utilizado o equipamento de contagem trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro em que for feita a ligação do sistema fotovoltaico.

4.6.8 Substituição de frigoríficos com classe de eficiência baixa por unidades eficientes

Encontram-se instaladas várias unidades de refrigeração na FFUC. Como consequência torna-se importante garantir uma boa eficiência deste tipo de equipamentos. Com esta medida pretende-se substituir os equipamentos menos eficientes por equipamentos eficientes e assim reduzir a carga em equipamento de refrigeração do edifício.

A classe de eficiência dos vários equipamentos de frio, definida no terceiro capítulo, foi obtida através da observação das condições gerais dos equipamentos, isto nos casos em que essa informação não se encontrava explícita no equipamento. Pelos consumos energéticos obtidos foi possível verificar e corrigir algumas das classes definidas.

Notou-se também, na fase de observação dos equipamentos de frio, que a grande maioria das unidades de frio se encontra sobrelotada o que leva a um maior consumo energético. Outro

aspecto observado foi o de muitos deles se encontrarem junto a janelas da fachada Sul do edifício, além de estarem demasiadamente encostados às paredes.

Uma vez que a grande maioria dos equipamentos menos eficientes instalados, consiste em frigoríficos combinados ou frigoríficos com capacidade de congelação interior, torna-se importante separar a capacidade de refrigeração da capacidade de congelação.

Um dos pontos mais importantes na tomada de decisão sobre a substituição deste tipo de equipamentos prende-se com o tempo de amortização dos equipamentos instalados. Com isto torna-se óbvio que os equipamentos a substituir são numa fase inicial, os equipamentos mais antigos. Estes equipamentos são também os que têm a classe de eficiência mais baixa e portanto apresentam um consumo de energia maior.

Como tecnologias de substituição consideram-se as unidades de frio das figuras 15 e 16. De forma a decidir sobre qual a tecnologia de substituição mais vantajosa, foi elaborada uma tabela em que se faz a comparação das diversas tecnologias disponíveis no mercado (Comparação tecnologias de substituição). Para a parte de refrigeração considera-se como tecnologia de substituição, o frigorífico AEG S73 100KDX0.



Figura 15 - Frigorífico de uma porta AEG S73 100KDX0.

Relativamente à parte de congelação determinou-se que a tecnologia de substituição mais vantajosa seria a arca vertical de uma porta Electrolux SG 224.



Figura 16 - Arca vertical de uma porta Electrolux SG 224.

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia de um frigorífico de uma porta e de uma arca vertical de classe A+++ durante dois dias, do período letivo. Esta monitorização deve ser repetida em período de férias. Para o efeito devem ser utilizados equipamentos de monitorização monofásicos e os mesmos devem ser instalados nas tomadas de alimentação elétrica das unidades de frio. O equipamento em questão apresenta o valor do consumo de energia em kWh acumulados. Para obter o valor consumido durante dois dias, basta calcular a diferença entre o valor lido no segundo dia e o valor lido aquando da instalação. O custo da energia consumida deve ser calculado multiplicando o consumo de energia obtido pelo preço médio anual do kWh.

4.7 Cálculos energéticos e económicos

Os cálculos energéticos e económicos são feitos através de estimativas de poupanças de consumo, onde se aplica o maior rigor possível de modo a que a estimativa seja aproximada da realidade.

Na tabela 5 constam todas as MRE a ser implementadas e respetivas estimativas de poupanças energéticas e monetárias.

Tabela 5- Sumário das MRE e respectivas poupanças.

Medida de racionalização	Poupança energética anual [kWh]	Poupança monetária anual [€]	Custo de implementação [€]	PRI [meses]
1 (Elevadores)	1481	190,44	35,33	2 meses e 1 semana
2 (Fotocélula)	6994	1094,22	13,65	1 semana
3 (<i>chiller</i>)	3830	658,13	70,87	1 mês e 1 semana
4 (Ventiladores)	8102	855,70	1360,71	1 ano e 6 meses
5 (ECube)	1474	171,85	187,20	1 ano e 1 mês
6 (D.O.)	1654	186,22	142,14	9 meses
7 (PV)	9730	1459,50	8352,65	5 anos
8 (Frigoríficos)	3977	257,83	9690,05	2 anos e seis meses
Total	37242	4873,89	19852,60	-

Com isto, espera-se que o PRCE permita alcançar uma poupança anual a rondar os 37242 kWh que correspondem a uma poupança monetária de 4873,89 €. Os métodos de cálculo das poupanças de cada MRE, encontram-se devidamente explicados e justificados nos apêndices respetivos.

4.8 Cronograma de implementação

O cronograma de implementação consiste em planificar a execução das medidas de racionalização de energia ao longo dos anos de vigência do PRCE, obrigando a que sejam aplicadas nos primeiros três anos, todas as MRE com um período de retorno do investimento inferior a três anos. Uma das causas para este planeamento, além da obrigatoriedade por lei, consiste na indisponibilidade de capital inicial para investir em todas as medidas no início da vigência do PRCE, levando a que tenha de ser feito um planeamento para o investimento durante o PRCE.

Na figura 17 é possível verificar a evolução do CEE que seria imposto pela legislação e a evolução tendo em conta a implementação das MRE como se segue:

- Implementação da MRE nº2 no primeiro ano, devido ao baixo investimento;
- Implementação das MRE nº 3, 5 e 1 no segundo, devido ao baixo PRI;
- Implementação das MRE nº 4, 6 e 8 no terceiro ano, devido aos PRI e à poupança obtida;
- Implementação da MRE nº 7 no quarto ano, devido ao PRI e à poupança obtida.

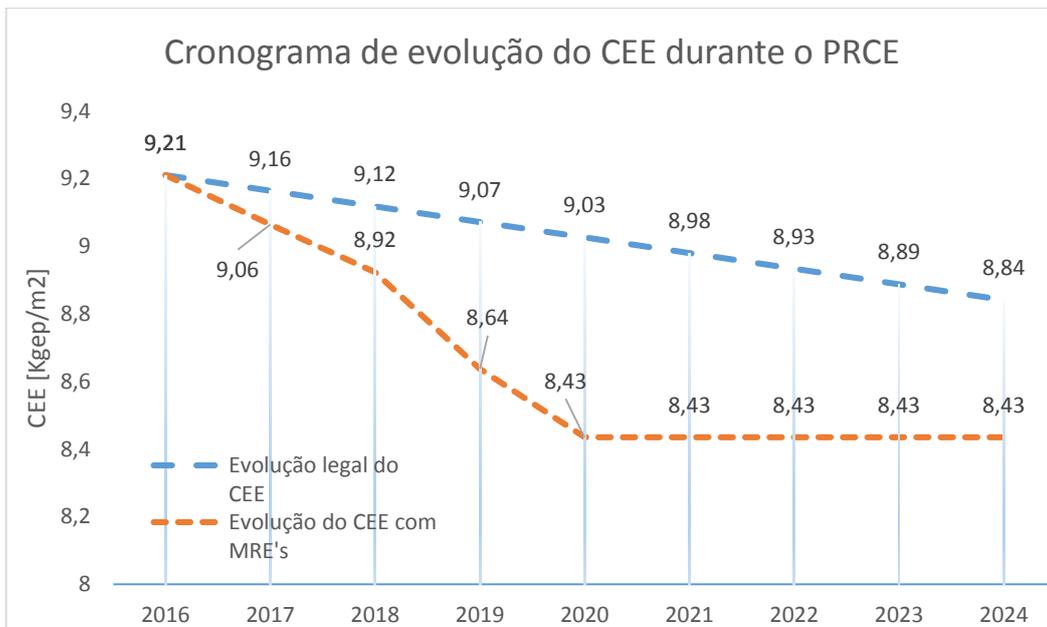


Figura 17 - Cronograma de evolução do CEE ao longo dos anos de vigência do PRCE.

Este gráfico apresenta uma perspectiva mais realista da evolução do indicador energético CEE, uma vez que considera a implementação faseada das diferentes MRE.

4.9 Impacto das MRE nos indicadores energéticos do PRCE

Com as MRE a aplicar definidas e os cálculos das poupanças estimados, deve-se verificar o impacto que cada uma tem nos indicadores energéticos, mais precisamente no CEE.

Na tabela 6, é apresentado o impacto que cada MRE terá no CEE anual ao longo do período de vigência do PRCE.

Tabela 6 - Impacto das MRE no CEE.

MRE	Poupança [kWh]		Poupança [kgep]		CEE [kgep/m ²]	
	Anual	8 Anos	Anual	8 Anos	Anual	Final PRCE
1	1481	11850	318,5	2547,7	0,031	0,2466
2	6994	55956	1503,81	12030,5	0,146	1,164
3	3830	30636	823,35	6586,8	0,0797	0,638
4	8102	64816	1741,93	13935,4	0,1686	1,349
5	1474	11794	317	2535,8	0,0307	0,245
6	1654	13229	355,5	2844,2	0,034	0,275
7	9730	77840	2092	16735,6	0,2025	1,620
8	3977	31816	855,1	6840,4	0,0828	0,6621
Total:	37242	297936,7	8007,05	64056,4	0,774968	6,1997

A partir da tabela, pode-se concluir que a meta imposta quanto à redução do CEE de 0,37 [Kgep/m²] ao fim de 8 anos, é ultrapassada, podendo-se assim esperar com confiança a conclusão do PRCE com sucesso.

4.10 Medidas Futuras

Nesta dissertação são sugeridas várias MRE, ficando ainda muitas por analisar e definir. Ficam aqui algumas sugestões:

- Adaptação da ventilação do armazém de reagentes às necessidades reais de ventilação;
- Criação de horários para a iluminação dos espaços comuns mais representativos da ocupação;
- Maior desagregação dos circuitos de iluminação;
- Controlo da iluminação dos espaços comuns em função da ocupação;
- Otimização do funcionamento da caldeira a gás para efeitos de climatização;
- Isolamento dos circuitos de água da cobertura e segmentação dos circuitos interiores;
- Criação de sistema automatizado para utilização da iluminação, dos ventiloconvetores e dos motores das persianas, tendo em conta a ocupação e a iluminação natural;
- Substituição de unidades de refrigeração/congelamento com classe de eficiência energética baixa (unidades com classe energética A-B);
- Instalação de depósito de inércia no circuito de água fria e possível sombreamento do *chiller*;
- Substituição dos motores de indução (ventiladores de extração) com funcionamento permanente, por unidades mais eficientes;
- Criação de planos para utilização das estufas e substituição das unidades menos eficientes.

Deve também ser feito o estudo quanto à expansão dos circuitos alimentados pelo gerador de emergência, que se encontra sobredimensionado.

Capítulo 5

Conclusões

5 Conclusão

Como é do conhecimento geral, atualmente existe cada vez mais população a habitar o planeta Terra e por isso existe um aumento crescente da utilização de energia, sendo esta ainda na sua grande maioria energia proveniente de combustíveis fósseis que por sua vez geram uma grande quantidade de gases de efeito de estufa. Existe também o problema de estas fontes de energia terem um prazo, ou seja, serem finitas. Torna-se então importante que o Homem se responsabilize por resolver estes problemas crescentes e por encontrar soluções energéticas para ultrapassar todos os problemas ambientais e de sustentabilidade energética que poderão surgir num futuro próximo.

Existem várias formas de tornar o consumo de energia sustentável, que vão desde a utilização racional da energia à utilização de equipamentos consumidores cada vez mais eficientes, passando pela produção de energia através de fontes renováveis.

A Universidade de Coimbra tem vindo a criar iniciativas no sentido de diminuir o seu consumo de energia, contribuindo assim para um mundo melhor. Estas iniciativas passam pela maior e melhor utilização dos SGTC instalados nas diferentes faculdades da UC, que apesar de instalados têm ainda uma utilização que fica aquém do que pode ser conseguido em termos de poupanças energéticas, garantindo contudo o conforto dos utilizadores do edificado da UC.

Relativamente à FFUC, notou-se precisamente o referido, ou seja, o SGTC implantado está a ser utilizado de uma forma ainda muito básica, o que deixa portanto espaço para melhorias significativas. Esta dissertação tem por objetivo otimizar e racionalizar a utilização de energia na FFUC, e para isso faz uso recorrente do SGTC presente no edifício, ficando no entanto ainda muito por fazer. Ao longo do desenvolvimento deste trabalho notou-se uma grande preocupação por parte dos gestores do edifício, dos utentes e dos funcionários em definir estratégias para uma utilização mais racional da energia, através da diminuição de gastos de energia desnecessários e do aumento da eficiência nos processos utilizadores de energia. Neste sentido têm sido feitos diversos esforços, como o da definição de regimes de utilização mais adaptados às necessidades dos utilizadores dos espaços da faculdade, através do SGTC instalado, e ainda da substituição de equipamentos obsoletos por equipamentos eficientes. Notou-se no entanto ainda, alguma despreocupação por parte dos ocupantes do edifício com o desperdício de energia, mas que, com o tempo e sensibilização das pessoas envolvidas se espera que desapareça.

Este plano tem por objetivo a redução dos indicadores energéticos da FFUC que melhor representam a eficiência energética no consumo de energia e as emissões de GEE associadas a

esse consumo. De forma a alcançar este objetivo, considerou-se que o edifício seria equivalente a um edifício CIE, com um consumo superior a 500 tep/ano. Tendo isto em conta são impostas metas legislativas a serem atingidas num espaço de 8 anos. Estas metas, devem ser atingidas através da implementação de MRE, visando a redução do consumo de energia. Foram definidas nesta dissertação 8 medidas de racionalização de energia e os respetivos planos de M&V. Estas MRE permitem reduzir o CEE em $0,77 \text{ kgep/m}^2$ depois dos anos de vigência do plano, quando a meta definida por lei respetiva a este indicador é de $0,37 \text{ kgep/m}^2$. Relativamente ao indicador IC, uma vez que não se espera um aumento significativo do consumo de energia da FFUC, espera-se com segurança a manutenção dos seus valores históricos. Estas MRE, permitem por sua vez obter uma poupança energética anual de 37242 kWh, que se traduz em termos monetários em 4873,89 € poupados por cada ano em que estejam implementadas todas as MRE.

Torna-se importante também deixar aqui uma ressalva para o que me pareceram ser perigos eminentes na Faculdade de Farmácia, sendo eles, a qualidade do ar interior, que não está a ser analisada e pode estar abaixo dos níveis de segurança, e ainda, as avarias no sistema de deteção de incêndios que felizmente se espera que estejam resolvidas num futuro próximo.

Finalmente, com esta dissertação, espera-se dotar os gestores do edifício de uma ferramenta que permita tornar o edifício da FFUC mais sustentável, a nível energético económico e ambiental.

Referências Bibliográficas

- [1] R. Comini, F. Clement, F. Puente, A. Orlandi, and I. Oliveira, “Eficiência energética nos edifícios residenciais,” 2008.
- [2] “Agência para a Energia,” *SGCIE*. [Online]. Available: <http://www2.adene.pt/pt-pt/SubPortais/SGCIE/Paginas/Homepage.aspx>.
- [3] “Ministério da economia e da inovação,” *Decreto-Lei n.º 71/2008*, vol. 1.ª série, no. 74, 2008.
- [4] P. E. E. Do Conselho, “Directiva 2006/32/CE,” *J. Of. da União Eur.*, vol. 2006, pp. 64–85, 2006.
- [5] Efficiency Valuation Organization, “Protocolo Internacional de Medição e Verificação do Desempenho Energético” vol. 1, p. 142, 2009.
- [6] Matos Gameiro e Carlos Crespo, arquitetos, “Brochura FFUC XXI”.
- [7] Edifício da Faculdade de Farmácia do Pólo das Ciências da Saúde, “Manual de Manutenção e Conservação, compilação técnica”. Rui Prata Ribeiro, Lda. 2009.
- [8] “Ministério da Economia e da Inovação,” *Despacho n.º 17313/2008*, vol. 2.ª série, no. 122, 2008.
- [9] Alice Bellicha, Aurélie Kieusseian, Anne-Marie Fontvieille, Antonio Tataranni, Hélène Charreire, Jean-Michel Oppert “Stair-use interventions in worksites and public settings A systematic review of effectiveness and external validity”, *Preventive Medicine*, 70, 2015, pp. 3–13
- [10] Luís Bragança, Manuel Pinheiro, Said Jalali, Ricardo Mateus, Rogério Amoêda, Manuel Correia Guedes “Portugal SB07 Sustainable Construction, Materials and Practices”, Parts 1-2, 2007.
- [11] “Accuweather”, *Coimbra, PT, Local Weather*. [Online]. Available: <http://www.accuweather.com/en/pt/coimbra/272818/month/272818?monyr=6/01/2015>

- [12] “CLIMATE-DATA.ORG”, *Clima: Portugal, Coimbra*. [Online]. Available: <http://pt.climate-data.org/location/160/>.
- [13] “Photovoltaic Geographical Information System”, *Interactive Maps, Coimbra, Faculdade de Farmácia*. [Online]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>.

Apêndice A

Ação de sensibilização para a maior utilização das escadas em detrimento dos elevadores

Descrição da medida: Ação de sensibilização para a maior utilização das escadas em detrimento dos elevadores

Promotor: Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC).

Tipo de medida: Elevadores

1. Objetivos

Com esta medida pretende-se reduzir o número de utilizações dos elevadores e monta-cargas e consequentemente reduzir o consumo de energia correspondente. Esta medida leva também a menores custos de manutenção com os elevadores e monta-cargas, uma vez que os seus materiais constituintes serão menos utilizados.

2. Benefícios da medida

Os benefícios inerentes a esta medida são:

- Redução do consumo de energia dos elevadores e monta-cargas;
- Redução da fatura energética da FFUC;
- Redução das operações de manutenção;

3. Barreiras que a medida tenta contornar

A principal barreira que esta medida pretende contornar, consiste na falta de informação sobre os benefícios para saúde, os benefícios energéticos e económicos ao utilizar as escadas em detrimento dos elevadores.

4. Descrição e implementação da medida

A FFUC caracteriza-se por possuir dois elevadores na metade Sul do edifício e um elevador monta-cargas na metade Norte.

Através da monitorização com a duração de uma semana determinou-se que o elevador 1 consumiu 62,076 kWh. Considera-se neste ponto que o elevador 2 tem um consumo equivalente ao elevador 1, o que totaliza 124,152 kWh como aproximação para o consumo semanal dos dois elevadores. Em relação ao elevador monta-cargas, este consumiu 90,518 kWh durante a semana monitorizada.

As medidas determinadas para reduzir o número de utilizações dos elevadores e como consequência o consumo de energia respetivo consistem em duas medidas, sendo elas:

- Tem-se em conta que dos dois acessos do piso 3 aos pisos inferiores através de escadas se encontra apenas disponível um, uma vez que a porta de acesso à escadaria descendente na

metade Sul se encontra fechada (apenas abre por dentro). Em relação à porta da metade Norte, esta encontra-se disponível, mas também é mantida fechada e como se trata de uma porta mais afastada, o estar fechada quase inibe na totalidade a utilização da escadaria. A porta de acesso à escadaria presente nesta metade do edifício no piso da garagem também se encontra tipicamente fechada. Como tal, uma parte importante desta ação consiste na abertura destas portas e em assegurar que estas são mantidas abertas e devidamente sinalizadas, visto estes acessos serem importantes, tanto do ponto de vista da campanha como do ponto de vista da segurança. Outro aspeto importante consiste em estas escadas serem descendentes e assim mais apelativas como alternativa de deslocação aos elevadores. Devem também ser mantidas abertas e sinalizadas quaisquer outras portas que se encontrem fechadas.

- A segunda medida passa por implementar uma campanha de sensibilização de forma a influenciar os ocupantes do edifício para uma maior utilização das escadas em detrimento dos elevadores e assim reduzir o consumo de energia dos mesmos. Para este efeito devem ser afixados os autocolantes das figuras 1 e 2 e ainda o cartaz motivacional em anexo. Os autocolantes e o cartaz devem ser afixados em ambas as zonas de acesso aos pisos (elevadores e escadas) a uma altura de 1,70 metros a partir do chão, com o autocolante da figura 2 a indicar a direção das escadas, isto para todos os pisos do edifício exceto a cobertura.

Relativamente à segunda medida, optou-se por adicionar sinais direcionais aos sinais motivacionais, pois comprova-se que estes tornam a campanha mais eficaz quando utilizados em conjunto com os motivacionais. São também utilizados cartazes motivacionais em que o principal tema são os benefícios para a saúde conseguidos com a utilização das escadas. Esta escolha deve-se ao facto de esta ser uma faculdade inserida no pólo universitário da saúde e sendo assim espera-se um impacto acrescido da campanha.



Figura A.1 – Autocolante motivacional da ação de sensibilização.



Figura A.2 – Autocolante direcional da ação de sensibilização.

Tendo em conta as semanas determinadas, conclui-se que os elevadores representam um consumo de 214,67 kWh por semana o totaliza 9874,82 kWh por ano. Tendo em conta os diferentes períodos horários e de hora legal este consumo traduz-se em 1269,63 € por ano.

Com a implementação das MRE espera atingir-se uma poupança anual de 15% no consumo de energia dos elevadores, ou seja, 1481,22 kWh, o que se traduz em aproximadamente 190,44 € em termos monetários. O valor das poupanças monetárias foi calculado tendo em conta as semanas em hora legal de verão e de inverno constituintes do ano letivo na perspetiva dos alunos de dissertação e tendo ainda em conta os diferentes períodos horários.

5. Vantagens do conjunto de ações

As medidas apresentadas para incentivar o uso das escadas em detrimento dos elevadores trazem as seguintes vantagens:

- Redução da fatura energética relativa aos elevadores;

- Redução do desgaste dos componentes constituintes dos elevadores e consequente redução dos gastos com manutenção;
- Incentivo a um estilo de vida mais saudável para os utentes do edifício.

6. Custos de implementação

Os custos relativos à implementação desta medida constam na seguinte tabela:

Tabela A.1 – Custos de implementação da medida

Nome	Quantidade	Custo/unidade
Conjunto de 25 Autocolantes	1	22,13 €
Cartazes motivacionais	12	1,10 €
Total	-	35,33 €

7. Identificação do cenário de referência

Idealmente, os elevadores da FFUC seriam utilizados para deslocações entre vários pisos, como por exemplo, entre o piso 1 (estacionamento) e o piso 4/5, ou quando a pessoa se encontra debilitada fisicamente para utilizar as escadas. Verifica-se no entanto, que muitas vezes os elevadores são utilizados para deslocações entre dois pisos ou mesmo entre pisos contíguos. Consequentemente este tipo de comportamento leva a maiores gastos com energia e com a manutenção dos vários componentes dos elevadores.

Através da monitorização dos circuitos de alimentação do elevador 1 e do elevador montacargas obtiveram-se os diagramas de carga apresentados nas figuras 3 e 4 a seguir. Torna-se importante nesta fase mencionar que o elevador 2 se encontrava a funcionar em simultâneo com o elevador 1, e como tal considera-se que este apresenta um consumo de energia equivalente ao do elevador 1.

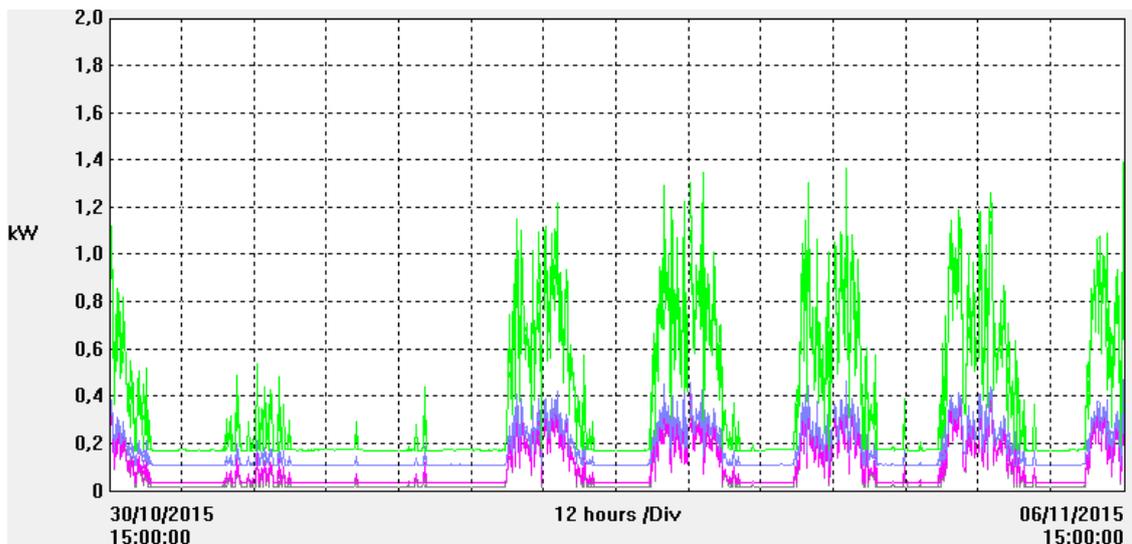


Figura A.3 - Diagrama de carga de uma semana do elevador 1.

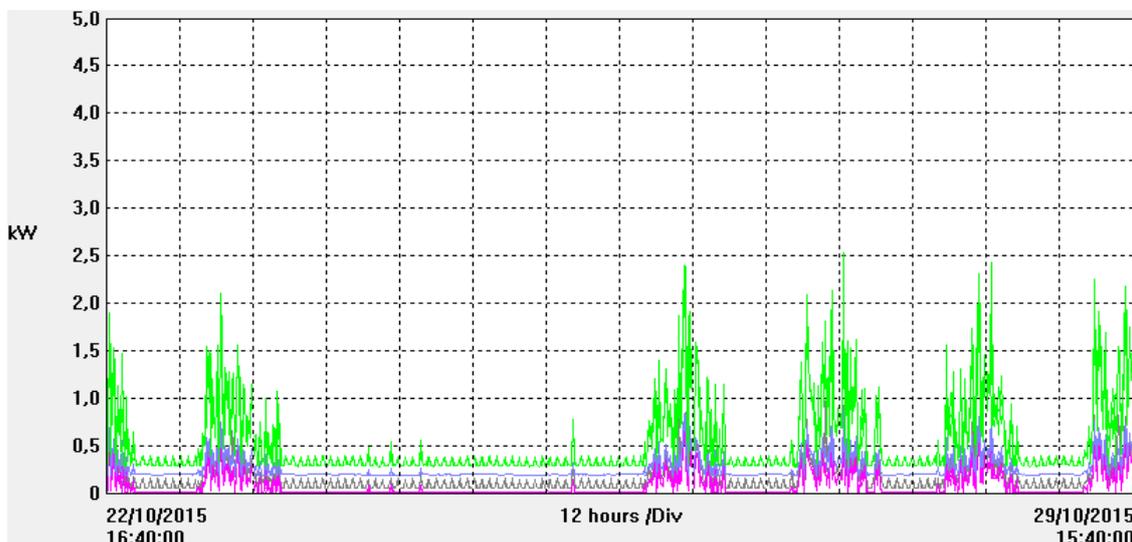


Figura A.4 – Diagrama de carga de uma semana do elevador monta-cargas.

Relativamente ao elevador 1, o mesmo apresentou uma potência ativa média de 369,5 Watts durante a semana em análise. Por outro lado o elevador monta-cargas absorveu uma potência ativa média de 538,8 W. Considerando o tempo em análise, obtêm-se os consumos de 90,518 kWh para o elevador monta-cargas e de 62,076 kWh para o elevador 1 durante uma semana em período letivo.

O número médio de semanas por ano em que estes equipamentos têm um funcionamento similar aos monitorizados pode ser encontrado tendo em conta o calendário escolar:

- Número de semanas do 1º semestre de 2014/15 na perspetiva de utilização dos elevadores pelos alunos de dissertação: de 15/09/2014 (início do ano letivo) a 09/02/2015 (início do 2º semestre) – 21 semanas.

- Número de semanas do 2º semestre de 2014/15 na perspectiva de utilização dos elevadores pelos alunos de dissertação: de 09/02/2015 (início do 2º semestre) a 30/07/2015 (fim das defesas de dissertação) – 25 semanas.

Considerando que o período de hora legal de inverno vai desde o último domingo de outubro até ao último domingo de março e que o período de hora legal de verão vai desde o último domingo de março até ao último domingo de outubro, teremos das semanas consideradas, 24 com período de hora legal de verão e 22 com período de hora legal de inverno.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) resultante do quociente entre o investimento inicial e a poupança gerada pela implementação da MRE é de 2 meses e uma semana aproximadamente.

8. Plano de Medição e Verificação

8.1 Opção de procedimento e fronteira de medição

A Opção de M&V escolhida é a Opção A, volume 1 do IPMVP, EVO 10000 – 1:2009.

A fronteira de medição:

- Medição do consumo de energia do elevador 1;
- Medição do consumo de energia do elevador monta-cargas.

8.2 Período de reporte

Após a implementação da MRE, deve ser feita a monitorização do elevador 1 e do elevador monta-cargas durante uma semana em período homólogo de forma a comparar com os valores de referência e assim obter o valor real da poupança obtida.

8.3 Método

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia dos elevadores 1 e monta-cargas durante uma semana. Para o efeito deve ser utilizado um equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro – (QGBT) barramento de emergência. O equipamento deve ser configurado para monitorizações com a duração de uma semana, com intervalos de 10 em 10 minutos. O custo da energia consumida deve ser calculado pelo número de horas dos diferentes períodos horários com preços por kWh diferentes.

8.4 Orçamento do plano M&V

De forma a implementar o plano de M&V torna-se necessário alugar o equipamento de monitorização e contratar um técnico superior para fazer a sua devida instalação. Em relação ao equipamento considera-se que o aluguer deste consiste no valor do investimento inicial nesse equipamento dividido pelos dias úteis do ano, resultando em $\frac{230,50\text{€}}{5 \text{ dias} * 52 \text{ semanas}}$, isto considerando um preço de aquisição do equipamento de 230,50 €. Deve-se ainda somar 2 horas de trabalho de um técnico superior para a primeira monitorização e 1 hora para a segunda, que segundo as tabelas salariais em vigor no ano de 2015 (posição 1,1, nível 11,1), correspondem a $\frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 4} + \frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 8}$. Tudo somado resulta num orçamento M&V de 18,15 €, o que ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE. Fica portanto ao critério do gestor a realização do Plano de M&V.

Apêndice B

Controlo de iluminação através da fotocélula

Designação da medida: Controlo de iluminação através da fotocélula

Promotor: Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC).

Tipo de medida: Iluminação.

1. Objetivos

Com esta medida pretende-se otimizar o funcionamento da fotocélula e através da mesma comandar os circuitos de iluminação das zonas com boa iluminação natural evitando assim gastos de energia desnecessários.

2. Benefícios da medida

A implementação desta medida traz os seguintes benefícios:

- Redução das horas de operação das luminárias de zonas com boa iluminação natural;
- Redução do consumo de energia da Faculdade de Farmácia;
- Redução da fatura energética da Faculdade de Farmácia.

3. Barreiras que a medida tenta contornar

A principal barreira identificada à implementação desta medida consiste em garantir o conforto visual dos ocupantes do edifício.

4. Descrição e implementação da medida

Esta medida consiste no maior aproveitamento da iluminação natural através da utilização da fotocélula instalada. Para o efeito deve ser criada uma banda de valores de iluminância para a transição de estados da iluminação ON/OFF, de modo a evitar intermitências na iluminação que por sua vez causam desconforto e um maior desgaste dos materiais. De forma a ter um controlo que não cause desconforto deve definir-se na programação do SGTC a seguinte banda de valores de iluminância:

- A partir de 3000 lux a iluminação artificial é desligada;
- A iluminação artificial é ligada novamente apenas quando a iluminância exterior é inferior a 2700 lux.

Através da definição deste intervalo de valores é possível diminuir a intermitência da iluminação. Esta fotocélula encontra-se situada na parte de trás do elevador monta-cargas com bastante exposição solar, o que por sua vez levou ao aumento do valor do limiar para desligar a

iluminação. Os valores aqui definidos devem ser ajustados através da experimentação, de forma a definir os limiares que melhor representam o conforto visual dos utentes do edifício.

Tabela B.1 – Iluminância exterior média de Lisboa durante Dezembro e Maio.

Hora do dia [h]	Iluminância em Dez. [lux]	Iluminância em Maio [lux]
6	0	3610
7	0	5180
8	2161	6479
9	3921	7637
10	4783	8462
11	5308	8915
12	5434	9095
13	5308	8915
14	4783	8462
15	3921	7637
16	2161	6479
17	395	5180
18	0	3610
19	0	1696
20	0	0

Pela tabela pode-se perceber que é possível desligar a iluminação das zonas envidraçadas, tendo em conta o limiar estabelecido de 3000 lux em que o mês de Dezembro é o mês com menor iluminância média e o mês de Maio o mês com maior iluminância média. Considerando os dois meses conclui-se que a implementação desta medida permite desligar iluminação, em zonas com boa iluminação natural, durante uma média de 9 horas por dia para os circuitos com funcionamento das 7 h às 20 h.

Entre os espaços com iluminação natural disponível encontram-se: os corredores dos gabinetes, o *hall* das instalações sanitárias, o *hall* das fotocopiadoras e o *hall* de ligação entre os gabinetes e os laboratórios de cada piso. Relativamente ao piso da receção não se opta por este tipo de estratégia por razões de segurança.

Com uma redução média diária de 9 horas no tempo de operação da iluminação estima-se uma poupança de 152,053 kWh por semana e uma poupança anual de 6994,447 kWh, tendo em conta as 46 semanas do ano letivo para alunos de dissertação.

- Número de semanas do 1º semestre de 2014/15 na perspetiva de utilização da câmara frigorífica do piso 5 pelos alunos de dissertação: de 15/09/2014 (início do ano letivo) a 09/02/2015 (início do 2º semestre) – 21 semanas.
- Número de semanas do 2º semestre de 2014/15 na perspetiva de utilização da câmara frigorífica do piso 5 pelos alunos de dissertação: de 09/02/2015 (início do 2º semestre) a 30/07/2015 (fim das defesas de dissertação) – 25 semanas.

Relativamente às poupanças monetárias, consideram-se as 9 horas médias de redução, como sendo das 07:00 às 16:00 e calcula-se o preço médio do kWh para este intervalo de tempo considerando os diferentes períodos horários, resultando numa poupança anual de 1094,22 €.

5. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de controlo para a iluminação, tendo em conta a iluminância exterior, em relação à estratégia implementada apresenta as seguintes vantagens:

- Menor consumo de energia;
- Melhor adaptação da iluminação às condições de iluminação natural.

6. Custos de implementação

De forma a implementar esta medida, deve apenas ser feita a programação do set-point da fotocélula no SGTC e a associação para comando dos circuitos de iluminação através da fotocélula em conjunto com o comando por horário. Uma vez que no âmbito desta tese, não estão a ser considerados custos de programação, esta medida não apresenta custos de implementação, além de um valor mínimo considerado para determinação do período de retorno do investimento:

Tabela B.2 – Custo de implementação da medida.

Nome	Quantidade	Custo/unidade
Mão-de-obra	2 horas para um técnico superior	Tabela salarial 2015 posição 2, nível 15
Total	-	13,65 €

7. Identificação do cenário de referência

Atualmente encontra-se instalada no exterior da Faculdade de Farmácia uma fotocélula que disponibiliza o valor da iluminância exterior [lux] no SGTC. Esta informação não é utilizada para

controlar qualquer circuito de iluminação. Existe também a possibilidade de definir um set-point para controlo da iluminação, definido como 2800 lux. Para controlo da iluminação através da fotocélula existe apenas o limiar simples definido e isso pode explicar o porquê da fotocélula não estar a ser utilizada.

Em relação aos circuitos de iluminação presentes em zonas com uma boa iluminação natural, encontram-se os seguintes:

- Corredores dos gabinetes: 9 luminárias de 35 W;
- *Hall* das fotocopiadoras: 2 luminárias de 35 W, 1 de 18,2 W e 1 de 54 W;
- *Hall* de ligação entre os gabinetes e os laboratórios: 8 luminárias de 54 W.

Estes circuitos funcionam atualmente com horário no SGTC das 7:00 horas às 1:30 horas de segunda a sábado. Os circuitos do *hall* das instalações sanitárias encontram-se a funcionar com o horário das 16:30 horas às 00:30 h, e como tal não se consideraram, uma vez que neste intervalo de tempo o nível de iluminação natural é baixo durante a maior parte do ano.

Considerando que a distribuição da iluminação é idêntica nos pisos 4, 5 e 6, esta componente da iluminação representa uma potência de 2667,6 W, que tendo em o horário definido representa um consumo semanal de 296,104 kWh e um consumo anual de 13620,784 kWh, tendo em conta o período letivo para alunos de dissertação.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) calculado através do quociente entre o investimento inicial e a poupança conseguida com a implementação da medida é de aproximadamente uma semana, tendo em conta que não são considerados os custos da programação do SGTC.

8. Plano de Medição e Verificação

8.1 Opção de procedimento e fronteira de medição

A Opção de M&V escolhida é a Opção B, volume 1 do IPMVP, EVO 10000 – 1:2009.

A fronteira de medição:

- Contabilização das horas de funcionamento da iluminação das zonas com boa iluminação natural através do SGTC;

Optou-se pela Opção B, visto estarem acessíveis no SGTC as horas de funcionamento de cada circuito. Para calcular o consumo, basta portanto multiplicar as horas de funcionamento pela potência das luminárias.

7.2 Período de reporte

De modo a manter uma análise conservativa da poupança obtida com a MRE, considera-se que o período de reporte deve estar situado no período com menos iluminação natural disponível, ou seja, o mês de Dezembro.

7.3 Método

O plano de medição e verificação deve ser implementado através da análise das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação em questão utilizando para o efeito o SGTC instalado na FFUC e da multiplicação do número de horas pela potência das luminárias obtendo-se assim o consumo energético para comparação com o consumo de referência.

7.4 Orçamento

De forma a implementar o plano de M&V torna-se necessário contratar um técnico superior para fazer a sua devida verificação. Consideram-se suficientes 2 horas de trabalho de um técnico superior para a monitorização, que segundo as tabelas salariais em vigor no ano de 2015 (posição 1,1, nível 11,1), correspondem a $\frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 4}$. Isto resulta num orçamento M&V de 11,51 €, o que ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE. Fica portanto ao critério dos gestores do edifício a realização do Plano de M&V.

Apêndice C

Controlo do *chiller* em função da temperatura exterior

Designação da medida: Controlo do *chiller* em função da temperatura exterior

Promotor: Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC).

Tipo de medida: Climatização

1. Objetivos

Com esta medida pretende-se controlar o *chiller* de forma automática em função da temperatura exterior e, assim, otimizar o seu funcionamento e reduzir o consumo de energia desta importante unidade de climatização.

2. Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução do consumo de energia da Faculdade de Farmácia;
- Redução da fatura energética da Faculdade de Farmácia;
- Redução das operações de manutenção do *chiller* e das bombas de água do circuito de água fria.

3. Barreiras que a medida pretende contornar

A barreira identificada à implementação desta medida, consiste na programação adequada do SGTC para que se consiga o funcionamento proposto.

4. Descrição e implementação da medida

De forma a controlar o *chiller* de modo automático, em função da temperatura, deve ser utilizado o SGTC. Para esse efeito deve ser instalada uma sonda de temperatura, estando esta ligada ao SGTC através de um módulo TAC Xenta 421A que tenha uma entrada de temperatura disponível.

Relativamente à sonda de temperatura, a solução técnica encontrada foi o sensor de temperatura exterior Schneider STO100, da figura C.1. Este sensor deve ser instalado em local abrigado, orientado a Norte. Com estas condições em mente, considera-se como sítio possível para a instalação a cobertura da casa da caldeira no piso da cobertura.

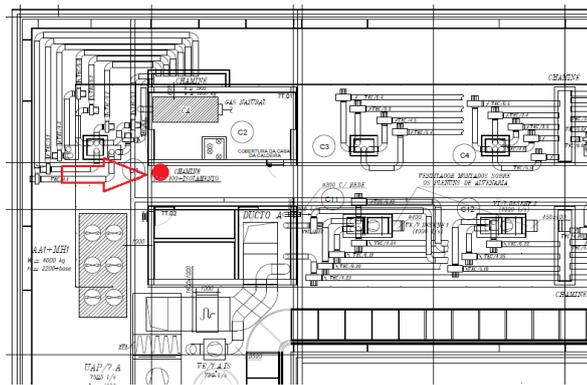


Figura C.1 – Sensor de temperatura exterior e possível localização na cobertura da FF.

Através da análise das temperaturas registadas durante o Verão de 2015, optou-se por escolher dois limiares de temperatura para controlar o *chiller*. Um para servir como condição para se poder ligar o *chiller* através do SGTC e outro para o desligar. Na figura C.2, onde se representam as temperaturas médias ao longo do ano em Coimbra, definiram-se os dois limiares para a ilustração do controlo do *chiller*.

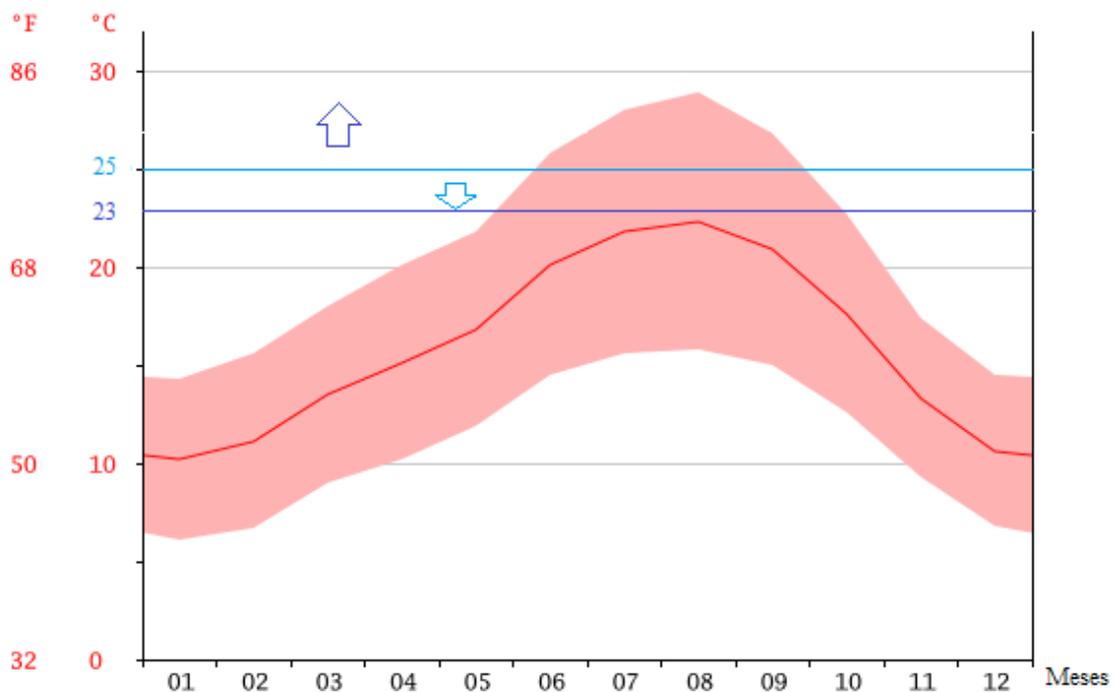


Figura C.2 – Temperaturas médias de Coimbra e limiares de temperatura para controlo do *chiller*.

Como ilustrado, o *chiller* e as bombas de água irão funcionar quando se registarem temperaturas exteriores superiores a 25 °C e desligar quando a temperatura exterior descer abaixo dos 23 °C. Este intervalo de valores define-se para evitar o desligar/ligar constante do equipamento em questão. Este tipo de controlo permite também reduzir o número de horas de funcionamento diárias, mas como essa redução é difícil de estimar, não se incluiu no cálculo da poupança.

Considerando a implementação deste tipo de controlo e as temperaturas máximas registadas durante o Verão de 2015 e as temperaturas máximas históricas de 30 anos, determina-se que desde o dia 19 de Junho de 2015 (definição de horário para o *chiller*) até ao dia 31 de Julho, se registaram temperaturas máximas acima de 25 °C em apenas 8 dias. Considerando no entanto os meses completos de Junho e de Julho, registaram-se temperaturas superiores a 25 °C em 14 dias, estando este valor muito próximo dos 15 dias de Junho e Julho em que a temperatura máxima histórica ultrapassa os 25 °C. Concluindo, este tipo de controlo permite garantir algum conforto térmico durante um maior espaço de tempo e ainda assim poupar energia. Este controlo deve ser cruzado com informação horária no SGTC, de forma a garantir que o *chiller* funciona apenas em dias úteis. No cálculo da poupança não se consideram os dias de fim-de-semana, uma vez que a temperatura vai variar de ano para ano, resultando num valor de poupança conservativo.

Comparando o funcionamento atual com o proposto, facilmente se verifica que o *chiller* e as bombas do circuito de água fria podem funcionar 15 dias em dois meses, em detrimento dos 30 dias em cinco semanas, levando a uma poupança anual de 3829,53 kWh. Em termos monetários, esta poupança representa 658,13 €.

5. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de controlo para a climatização, tendo em conta a temperatura exterior, em relação à estratégia implementada apresenta as seguintes vantagens:

- Menor consumo de energia;
- Melhor adaptação da climatização às condições exteriores;
- Maior conforto térmico.

6. Custos de implementação Os custos relativos à implementação da MRE são definidos na tabela C.1.

Tabela C.1 – Custos de implementação da medida.

Nome	Quantidade	Custo/unidade
Sensor TAC STO100	1	57,30 €
Instalação	1 hora para um técnico superior	Tabela salarial 2015 posição 2, nível 15
Cabo Olflex classic 110 1mm ²	10 metros	67,39 € / 100 metros
Total	-	70,87 €

7. Identificação do cenário de referência De momento encontram-se instaladas na FFUC duas unidades de climatização *chiller*: Ciat Powerciat 1500Z (*chiller* 1) e 1200Z (*chiller* 2). No entanto uma delas encontra-se com uma avaria, estando portanto em funcionamento a unidade de maiores

dimensões (*chiller* 1). Através da sua monitorização durante o funcionamento de um dia obteve-se o diagrama de carga representado na figura C.3.

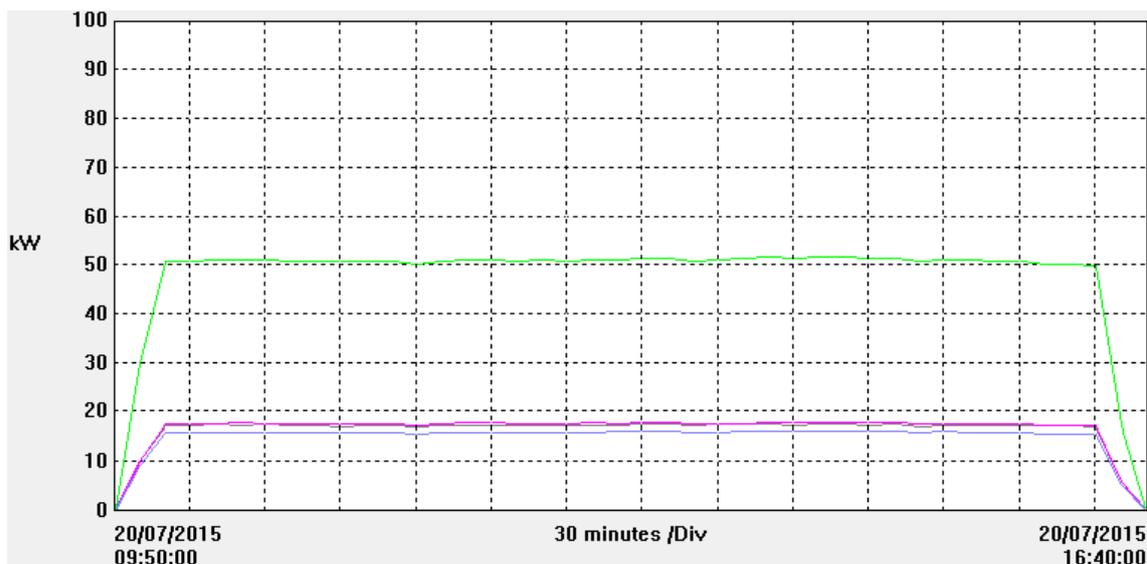


Figura C.3 – Diagrama de carga de um dia para o *chiller* Ciat Powerciat 1500Z.

O diagrama representado na figura C.4 mostra o funcionamento do *chiller* depois de ter sido implementado o controlo em função da temperatura da água de saída. Não existe informação concreta acerca da data de implementação deste controlo, mas pelo menos até ao dia 20 de julho o *chiller* funcionou com uma potência ativa constante de 50 kW, ou seja, sem qualquer tipo de controlo, como representado na figura C.3.



Figura C.4 – Diagrama de carga do *chiller* 1 com controlo.

Segundo informação dos funcionários da FFUC, foi estabelecido um horário de funcionamento do *chiller* das 10h até as 17h de segunda a sexta-feira, só a partir da altura em que houve queixas relativas ao calor sentido por parte dos docentes do edifício. Este tipo de funcionamento foi iniciado no dia 19 de Junho durante a segunda vaga de calor sentida nesse mês como se pode confirmar pelo gráfico da figura C.5.

Gráfico de temperaturas junho 2015

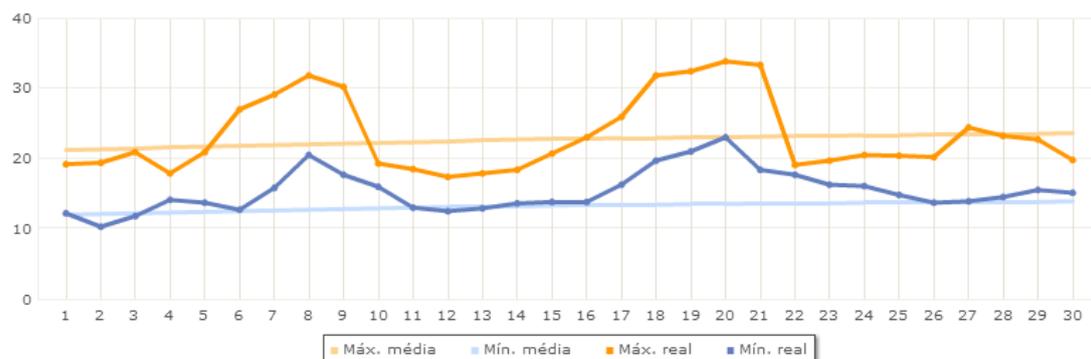


Figura C.5 – Gráfico de temperaturas mensal: Coimbra Junho de 2015.

O *chiller* continuou com este tipo de funcionamento até ao fim do mês de Julho, em que se iniciou o período de férias, funcionando durante 30 dias úteis com o horário considerado.

Durante as 7 horas de funcionamento estabelecidas registou-se uma potência ativa média de 32,564 kW, o que representa um consumo diário de 227,948 kWh.

Considerando o período de hora legal de Verão e o horário definido para funcionamento do *chiller*, observa-se que este funciona durante 2:15 h em horas de ponta com uma potência ativa média de 38,015 kW e durante as restantes 4:45 em horas cheias com uma potência ativa média de 29,629 kW. Posto isto, obtém-se um custo diário de 39,17 € para a unidade de climatização *chiller*.

Em simultâneo com o *chiller*, funcionam duas das bombas de água do circuito de água fria BSF 1D1/1D2 e BSF 2D1/2D2, que apresentaram através da monitorização uma potência ativa instantânea de 3 kW em regime de funcionamento permanente, por bomba. Considerando que esta monitorização foi feita quando o *chiller* 1 se encontrava sem controlo, pode-se admitir de uma forma simplista que as bombas terão um comportamento similar ao do *chiller* depois do controlo ser implementado. Com isto estima-se uma potência ativa média de 1,95 kW para as 7 horas de funcionamento. Pode-se neste ponto admitir que estamos ainda numa análise conservativa, pois as bombas de água iniciam o seu funcionamento antes do *chiller*, tal como terminam o seu funcionamento depois do *chiller* já estar parado.

Concluindo as duas bombas de água que funcionam em simultâneo com o *chiller* representam aproximadamente um consumo diário de 27,354 kWh, com uma potência média de 4,56 kW em período de hora de ponta e 3,56 kW em horas cheias. Finalmente as bombas de água representam um custo diário de 4,70 €.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) é calculado através do quociente entre o custo de investimento inicial e a poupança anual obtida com a implementação da MRE. Com um custo de 70,87 € e uma poupança anual de 658,13 €, obtém-se um PRI de um mês e uma semana aproximadamente.

8. Plano de Medição e Verificação

8.1 Opção de procedimento e fronteira de medição

A Opção de M&V escolhida, é a Opção B, volume 1 do IPMVP, EVO 10000 – 1:2009.

A fronteira de medição:

- Medição do consumo de energia do *chiller* 1.

8.2 Período de reporte

Após a implementação da MRE, deve ser feita a monitorização do *chiller* 1 do piso da cobertura durante uma semana de Verão em que se preveja a subida da temperatura exterior em Coimbra acima dos 25 °C de forma a comparar o consumo de energia com os valores de referência e assim obter o valor real da poupança obtida.

8.3 Método

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia do *chiller* 1 do piso da cobertura durante uma semana. Para o efeito deve ser utilizado um equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro da cobertura – QAC/C.CENTRAL. O equipamento deve ser configurado para uma monitorização com a duração de uma semana, com intervalos de tempo de 10 em 10 minutos. O custo da energia consumida deve ser calculado multiplicando a potência ativa média obtida pelo número de horas dos diferentes períodos horários com preços por kWh diferentes.

8.4 Orçamento do plano M&V

De forma a implementar o plano de M&V torna-se necessário alugar o equipamento de monitorização e contratar um técnico superior para fazer a sua devida instalação. Em relação ao equipamento considera-se que o aluguer deste consiste no valor do investimento inicial nesse

equipamento dividido pelos dias úteis do ano, resultando em $\frac{230,50\text{€}}{5 \text{ dias} * 52 \text{ semanas}}$, isto considerando um preço de aquisição do equipamento de 230,50 €. Devem-se ainda somar 2 horas de trabalho de um técnico superior para a monitorização, que segundo as tabelas salariais em vigor no ano de 2015 (posição 1,1, nível 11,1), correspondem a $\frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 4}$. Tudo somado resulta num orçamento M&V de 12,39 €, o que ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE, ficando assim à escolha do gestor realizar o Plano de M&V.

Apêndice D

Controlo dos ventiladores de extração dos laboratórios através do SGTC

Designação da medida: Controlo dos ventiladores de extração dos laboratórios através do SGTC

Promotor: Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC).

Tipo de medida: Ventilação.

1. Objetivo

Com esta medida pretende-se tornar possível ligar e desligar os ventiladores dos laboratórios instalados na cobertura do edifício, que apenas são necessários em período de aulas e com isso evitar que estes permaneçam ligados ao longo de todo o ano letivo poupando assim energia.

2. Benefícios da medida

A implementação desta medida resulta nos seguintes benefícios:

- Redução do consumo de energia da FFUC;
- Redução da fatura energética da FFUC;
- Redução dos custos com manutenção dos ventiladores.

3. Barreiras que a medida pretende contornar

A única barreira identificada que a medida pretende contornar consiste no elevado custo de inicial.

4. Descrição e implementação da medida

Esta medida tem como objetivo permitir controlar os ventiladores de extração dos laboratórios que funcionam em período letivo através do SGTC e com isso alcançar poupanças energéticas. De forma a tornar possível o controlo dos vários ventiladores, ou seja, dos vários motores de indução trifásicos torna-se necessário ter disponíveis, uma saída e uma entrada digitais de um módulo TAC Xenta 421A e ainda um contactor trifásico por cada motor como ilustrado na figura D.1.

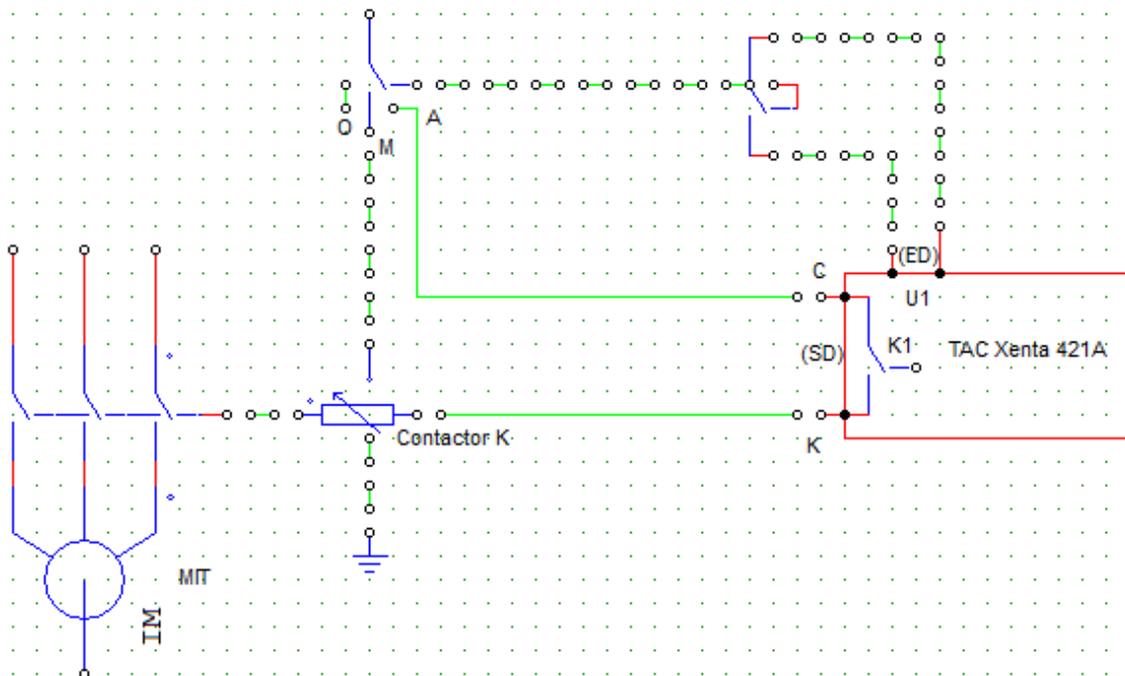


Figura D.1 – Esquema de comando de um MIT.

Com o esquema apresentado ficam disponíveis os seguintes sinais no módulo TAC Xenta 421A:

- Posição do comutador MAN/OFF/AUTO, em “Automático”, Entrada Digital;
- Comando do motor (via contactor K), Saída Digital.

Como se pode observar no esquema, será necessário instalar contactores para controlo dos motores, cablagem para sinais digitais e mais módulos TAC Xenta 421A, uma vez que apesar de existirem 4 reservas nos controladores dos quadros da cobertura e 3 no piso 6, estas não são suficientes.

Através de conversações, definiu-se como horário de funcionamento mínimo dos ventiladores de extração dos laboratórios com funcionamento em período de aulas, o horário das 08:00 h até as 21:00 h de segunda a sexta-feira durante o ano letivo. Este horário serve como referência, uma vez que satisfaz as necessidades mínimas de ventilação. Por outro lado, torna-se possível o controlo independente dos vários ventiladores no SGTC, garantindo assim o seu funcionamento sem restrições de horário.

Considerando o horário para funcionamento dos ventiladores em tempo de aulas, espera-se um consumo energético anual de 5112,90 kWh. Com esta MRE, obtém-se portanto uma redução no consumo de energia de 8101,98 kWh. Em termos monetários esta medida permite uma poupança anual de 855,70 €, tendo em conta os diferentes períodos horários.

5. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A estratégia de controlo para os ventiladores de extração dos laboratórios traz as seguintes vantagens:

- Controlo independente e centralizado dos ventiladores no SGTC;
- Melhor adaptação da ventilação às necessidades;
- Menor desperdício de energia.

6. Custos de implementação

De forma a implementar esta MRE devem ser adquiridos os seguintes materiais:

Tabela D.1 – Custos de implementação da MRE.

Nome	Quantidade	Custo/unidade
Contactador compacto	19	19,95 €
Cabo Olflex classic 110 1mm ²	200 metros	67,39 € / 100 metros
Cabo de bus Belden 8471	2 metros	2,67 € / metro
Mão-de-obra	16 horas para um técnico superior	Tabela salarial 2015 posição 2, nível 15
Módulo TAC Xenta 421A	3	198,46 € + IVA
Total	-	1360,71 €

7. Identificação do cenário de referência

Existem na cobertura do edifício da FFUC vários ventiladores de extração, estando estes divididos em três regimes de funcionamento:

- Funcionamento permanente;
- Não funcionamento;
- Funcionamento em período de aulas.

Os diferentes regimes foram definidos pelo pessoal responsável da FFUC e em conformidade com as necessidades de ventilação. O controlo dos vários ventiladores de extração apenas é possível nos disjuntores que se encontram no quadro da cobertura. Devido a esta limitação, os ventiladores que apenas são necessários em tempo de aulas são ligados no início do ano letivo e permanecem ligados até ao fim do mesmo.

Relativamente à tecnologia dos ventiladores, estes são constituídos na sua grande maioria por motores trifásicos de 120 W de potência nominal à exceção de dois ventiladores com uma potência de 180 W, estando no entanto um deles desativado por não ser necessário e outro avariado. Os ventiladores de 120 W absorvem em regime permanente uma potência ativa

instantânea de 90 W em média. Existem atualmente 19 ventiladores a funcionar apenas em período de aulas.

Tendo em conta que estes ventiladores funcionam durante todo o ano letivo com a potência referida, deve ser considerado o calendário escolar de forma a determinar o consumo respetivo. Como tal consideram-se as seguintes semanas:

- Número de semanas do 1º semestre de 2014/15 na perspetiva de utilização dos elevadores pelos alunos de dissertação: de 15/09/2014 (início do ano letivo) a 09/02/2015 (início do 2º semestre) – 21 semanas.
- Número de semanas do 2º semestre de 2014/15 na perspetiva de utilização dos elevadores pelos alunos de dissertação: de 09/02/2015 (início do 2º semestre) a 30/07/2015 (fim das defesas de dissertação) – 25 semanas.

Considerando que o período de hora legal de Inverno vai desde o último domingo de outubro até ao último domingo de março e que o período de hora legal de Verão vai desde o último domingo de março até ao último domingo de outubro, teremos das semanas consideradas, 24 com período de hora legal de Verão e 22 com período de hora legal de Inverno.

Tendo em conta o número de ventiladores, a potência instantânea absorvida e o calendário escolar obtém-se um consumo anual de energia de 13214,88 kWh para os 19 ventiladores de extração com funcionamento em tempo de aulas.

O Período de Retorno do Investimento (PRI): calculado como o quociente entre o investimento inicial e a poupança anual conseguida com a implementação da medida, determina-se como sendo de um ano e seis meses aproximadamente para a medida em questão.

8. Plano de Medição e Verificação

8.1 Opção de procedimento e fronteira de medição

A Opção de M&V escolhida é a Opção A, volume 1 do IPMVP, EVO 10000 – 1:2009.

A fronteira de medição:

- Medição do consumo de energia de um ventilador de extração dos laboratórios no piso da cobertura;
- Estimativa do consumo dos 19 ventiladores em regime de período letivo.

Considera-se que o funcionamento dos ventiladores de extração será semelhante, daí a possibilidade de estimar o consumo do período de reporte para os 19 ventiladores com o regime considerado.

8.2 Período de reporte

Após a implementação da MRE, deve ser feita a monitorização do consumo de energia de um ventilador de extração dos laboratórios durante uma semana de forma a comparar com os valores de referência e assim obter o valor real da poupança obtida para um ventilador.

8.3 Método

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia de um ventilador de extração dos laboratórios durante uma semana. Para o efeito deve ser utilizado um equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro da cobertura – QAC/C.COIFAS. O equipamento deve ser configurado para monitorizações com a duração de uma semana, com intervalos de 10 em 10 minutos. O custo da energia consumida deve ser calculado multiplicando a potência ativa média obtida pelo número de horas dos diferentes períodos horários com preços por kWh diferentes.

8.4 Orçamento do plano M&V

De forma a implementar o plano de M&V torna-se necessário alugar o equipamento de monitorização e contratar um técnico superior para fazer a sua devida instalação. Em relação ao equipamento considera-se que o aluguer deste consiste no valor do investimento inicial nesse equipamento dividido pelos dias úteis do ano, resultando em $\frac{230,50\text{€}}{5 \text{ dias} * 52 \text{ semanas}}$, isto considerando um preço de aquisição do equipamento de 230,50 €. Deve-se ainda somar 2 horas de trabalho de um técnico superior para a primeira monitorização, que segundo as tabelas salariais em vigor no ano de 2015 (posição 1,1, nível 11,1), correspondem a $\frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 4}$. Tudo somado resulta num orçamento M&V de 12,39 €, o que não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

Apêndice E

Instalação de equipamento ECube na câmara frigorífica do piso 5

Designação da medida: Instalação de equipamento ECube na câmara frigorífica do piso 5

Promotor: Departamento Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC).

Tipo de medida: Refrigeração

1. Objetivo

Esta medida tem como objetivo a instalação de um equipamento ECube na sonda de temperatura da câmara frigorífica do piso 5 da Faculdade de Farmácia, e com isso reduzir o número de arranques efetuados pelo motor associado a esta câmara de refrigeração. Este equipamento permite reduzir drasticamente o número de ciclos de refrigeração/congelamento (em média 60 %), dando assim origem a uma redução do consumo de energia elétrica, tipicamente de 10 a 30 %.

2. Benefícios da medida

Esta medida inclui várias vantagens, tais como:

- O menor desgaste dos equipamentos do sistema de refrigeração, ou seja, um aumento da sua útil e uma diminuição com os custos de manutenção;
- Permite a estabilização da temperatura no interior da câmara frigorífica;
- Redução do consumo de energia do equipamento e consequentemente das emissões associadas;
- Diminuição do consumo de energia da Faculdade de Farmácia e da fatura elétrica.

3. Descrição e implementação da medida

A câmara frigorífica em questão encontra-se instalada no piso 5 da Faculdade de Farmácia e através da monitorização do seu consumo de energia, foi possível concluir que absorve uma potência ativa média semanal de 1197 W durante uma semana de Verão, como se pode constatar pela figura E.1. Na figura E.2 é possível visualizar o diagrama de carga da câmara durante uma semana de Inverno. Sendo este um equipamento usado de forma permanente, tanto para fins didáticos como para investigação, considera-se que funciona durante todo o ano e apresenta um consumo de energia anual de 7371, 54 kWh.

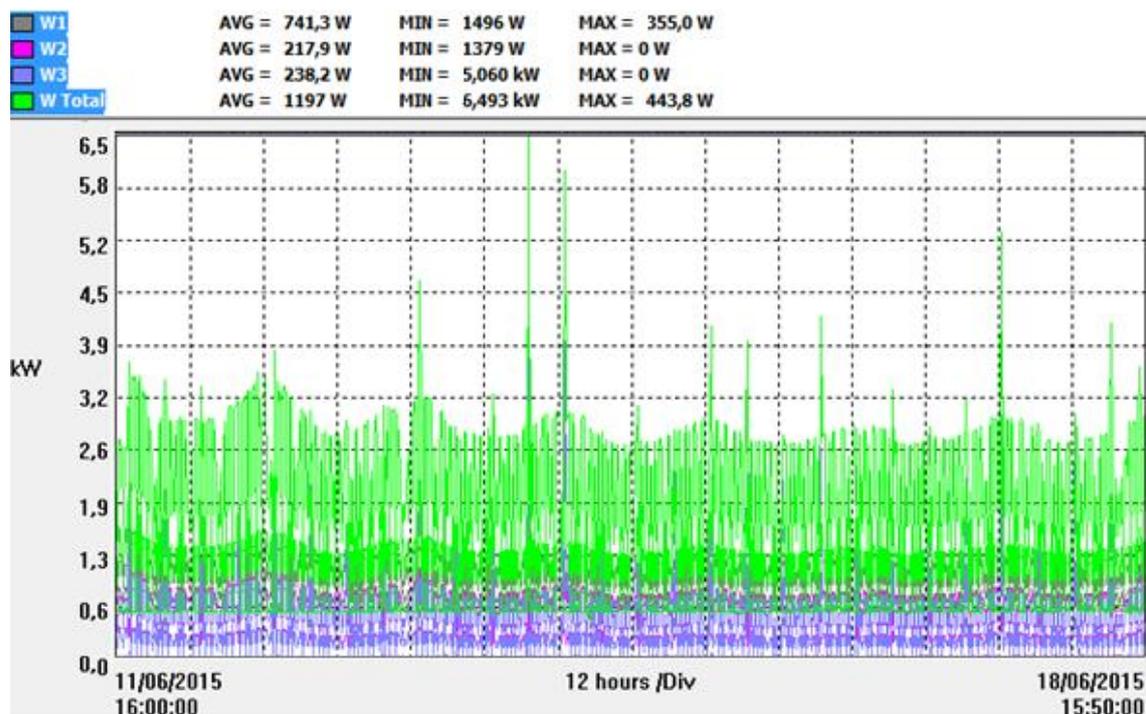


Figura E.1 - Diagrama de carga de uma semana de Verão da câmara frigorífica do piso 5.

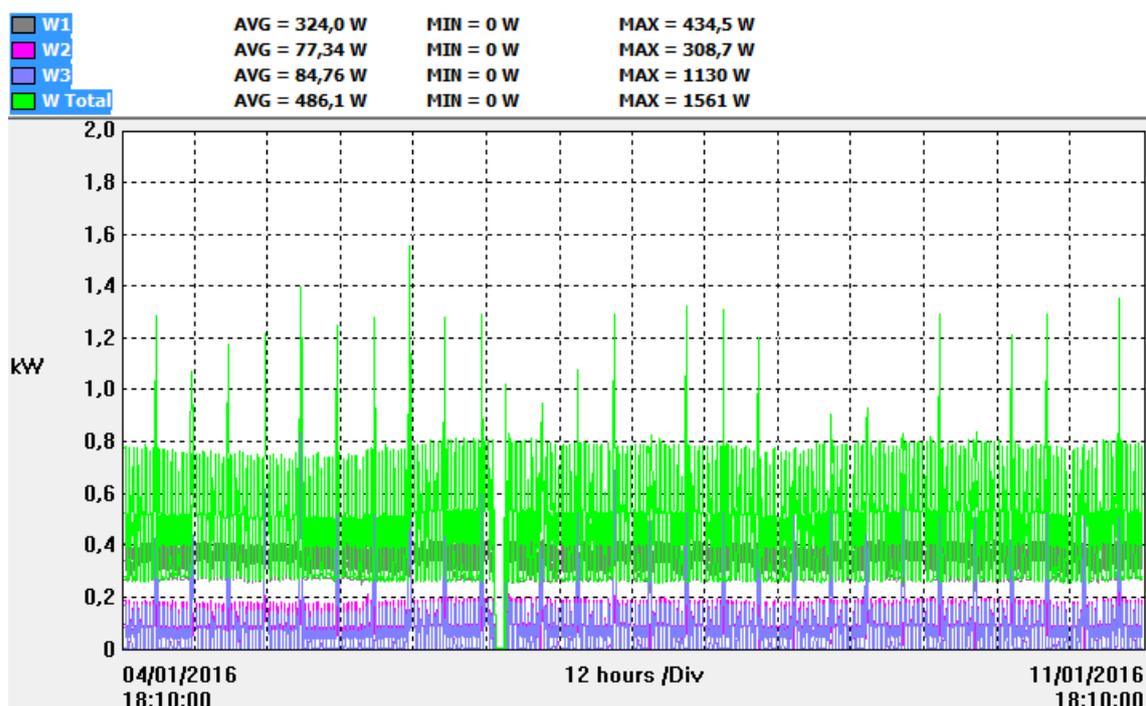


Figura E.2 - Diagrama de carga de uma semana de Inverno da câmara frigorífica.

Uma vez que esta câmara é usada frequentemente, considera-se que a introdução de um equipamento ECube na sonda de temperatura irá trazer uma redução de 20 % no consumo de energia da câmara em questão. Este valor de poupança foi obtido através da média aritmética das poupanças registadas em três hospitais públicos ingleses. Este equipamento (figura E.3), consiste num dispositivo que contém um gel simulador da inércia térmica dos produtos armazenados, que por sua vez irá envolver a sonda de temperatura da câmara frigorífica. Com isto, a refrigeração vai

ser controlada tendo em conta a temperatura de um material gelatinoso em vez da temperatura do ar, sendo esta última uma temperatura com mais flutuações. Consegue-se assim controlar de forma mais eficiente a unidade de refrigeração em análise.



Figura E.3 – Equipamento ECube.

4. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

O controlo da unidade de refrigeração através do equipamento ECube, face à situação anterior, apresenta as seguintes vantagens:

- Redução do consumo de energia;
- Redução da fatura de energia;
- Redução dos custos com manutenção;
- Aumento da vida útil dos equipamentos do sistema de refrigeração;
- Redução das emissões carbónicas;
- Maior estabilidade da temperatura no interior da câmara.

5. Custos de implementação

A implementação da medida em questão implica os custos a seguir indicados, na tabela E.1.

Tabela E.1 – Custo de implementação da medida.

Nome	Quantidade	Custo/unidade
Ecube	1	140 € + IVA
Instalação	-	15 €
Total	-	187,2 €

6. Identificação do cenário de referência

Existe um importante consumo de energia na Faculdade de Farmácia devido a equipamentos de refrigeração necessários ao seu normal funcionamento.

A tecnologia da câmara de refrigeração instalada no piso 5, consiste do ponto de vista energético, principalmente, num compressor Bitzer/CBS58V2/2FC-3.2Y, detendo este a maior fatia do consumo monitorizado.

Este equipamento encontra-se em operação durante todo o ano e como tal, consideram-se as cinquenta e duas semanas contidas num ano.

Como referido anteriormente, esta medida permite uma redução do consumo energético na ordem de 10 - 30 %. Sendo este um equipamento com grande utilização, como observado na Faculdade de Farmácia, pode-se assumir que o efeito da medida será mais significativo tendo em conta a maior estabilidade da temperatura interior da câmara. Como tal assume-se uma poupança de 20 % no consumo energético da câmara frigorífica, com a implementação desta MRE. Considerando os dados anteriores podemos apontar para um consumo anual de 7371,54 kWh e uma poupança de 1474,31 kWh.

Considerando o período de hora legal de Inverno e o período de hora legal de Verão, e calculando a poupança de uma semana de Inverno e de uma semana de Verão, obtemos a poupança total anual. Com uma poupança de 3,31 € por semana de Inverno e de 3,30 € por semana de Verão, obtemos uma poupança monetária anual de 171,85 €.

O período de retorno do investimento (PRI): É calculado através do quociente entre o investimento necessário à implementação da MRE e a poupança que a MRE origina. Assim com um investimento inicial de 187,2 € e uma poupança anual de 171,85 €, obtém-se um PRI de aproximadamente um ano e um mês aproximadamente.

7. Plano de medição e verificação

7.1 Opção de procedimento e fronteira de medição

A Opção de M&V escolhida é a Opção B, volume 1 do IPMVP, EVO 10000 – 1:2009.

A fronteira de medição:

- Medição do consumo de energia da câmara frigorífica do piso 5.

7.2 Período de reporte

Após a implementação da MRE, deve ser feita a monitorização da câmara frigorífica do piso 5 durante uma semana de Inverno e durante uma semana de Verão em períodos homólogos de forma a comparar com os valores de referência e assim obter o valor real da poupança obtida.

7.3 Método

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia da câmara de refrigeração do piso 5 durante duas semanas. Para o efeito deve ser utilizado um equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro da cobertura – barramento normal. O equipamento deve ser configurado para monitorizações com a duração de uma semana. O custo da energia consumida deve ser calculado multiplicando a potência ativa média obtida pelo número de horas dos diferentes períodos horários com preços por kWh diferentes.

7.4 Orçamento do plano M&V

De forma a implementar o plano de M&V torna-se necessário alugar o equipamento de monitorização e contratar um técnico superior para fazer a sua devida instalação. Em relação ao equipamento considera-se que o aluguer deste consiste no valor do investimento inicial nesse equipamento dividido pelos dias úteis do ano, resultando em $\frac{230,50\text{€}}{5 \text{ dias} * 52 \text{ semanas}}$, isto considerando um preço de aquisição do equipamento de 230,50 €. Deve-se ainda somar 2 horas de trabalho de um técnico superior para a primeira monitorização e 1 hora para a segunda, que segundo as tabelas salariais em vigor no ano de 2015 (posição 1,1, nível 11,1), correspondem a $\frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 4} + \frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 8}$. Tudo somado resulta num orçamento M&V de 18,15 €, o que não ultrapassa de forma tangencial 10% dos custos de implementação da MRE.

Apêndice F

Instalação de detetores de ocupação nas escadas do edifício

Designação da medida: Instalação de detetores de ocupação nas escadas do edifício

Promotor: Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC).

Tipo de medida: Iluminação.

1. Objetivo

Esta medida tem como objetivo a instalação de detetores de ocupação nas escadas interiores do edifício, de forma a controlar automaticamente a iluminação e com isso conseguir poupanças energéticas e reduzir gastos com manutenção.

2. Benefícios da medida

Com a implementação desta medida conseguem-se os seguintes benefícios:

- Controlo mais eficiente da iluminação na escadaria da FFUC;
- Redução do consumo de energia da FFUC;
- Redução da fatura energética da FFUC.

3. Descrição e implementação da medida

Encontram-se a funcionar atualmente, nas escadas de acesso interiores da faculdade, na metade Norte, 16 lâmpadas de 36 W e duas de 18 W. Na metade Sul, 17 lâmpadas de 36 W e duas de 18 W. Esta iluminação perfaz uma potência total instalada de 1260 W. Considerando a potência das luminárias (balastro + lâmpada) de 18,2 W para as lâmpadas de 18 W e de 35 W para as lâmpadas de 36 W, obtemos uma potência total instalada de 1227.8 W.

De forma a ter uma análise conservativa da poupança que pode ser obtida com esta medida, assume-se que a poupança obtida em todos os circuitos de iluminação corresponde à poupança obtida no (s) circuito (s) com maior utilização. Com isto assume-se que o circuito com maior utilização corresponde ao percurso que vai desde o piso 1 (garagem) até ao piso 3 (receção). Assume-se por outro lado que a utilização das escadas terá um aumento, uma vez que também se propõe nesta dissertação, uma campanha de sensibilização para a maior utilização das escadas em detrimento dos elevadores. Com tudo isto assume-se que circula uma pessoa por cada quarto de hora pelo percurso referido. Por outro lado observou-se que uma pessoa demora pouco mais de um minuto a deslocar-se do piso 1 ao 3 utilizando as escadas, como tal assume-se que no máximo 3 minutos são suficientes para percorrer o espaço considerado. Torna-se assim já presente que a iluminação estará a funcionar apenas 3 minutos em 15 totais, o que corresponde a uma redução de 80 % no tempo de utilização das luminárias em questão.

Para que se possa implementar a medida, será necessário instalar os detetores de ocupação através da utilização de fios condutores. Estes detetores devem ser instalados a meio dos patamares de forma a avaliarem a ocupação dos pisos adjacentes, como se pode observar na figura F.1.

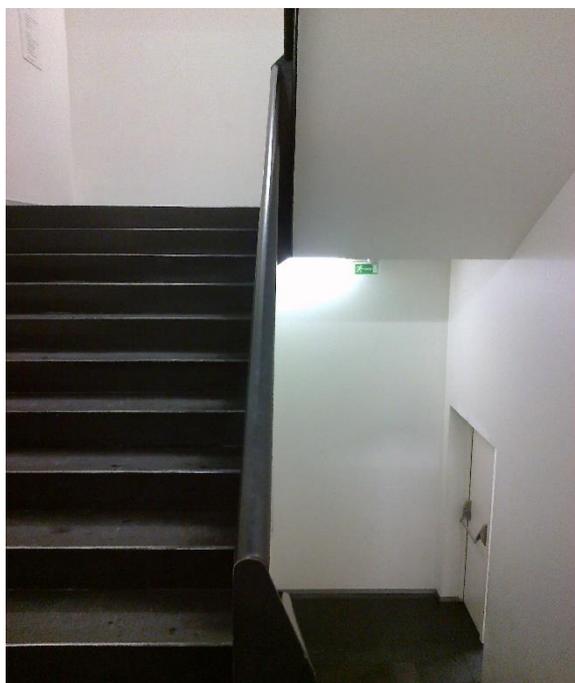


Figura F.1 – Vista do meio do patamar na escadaria da FFUC.

A instalação de 8 detetores de ocupação irá permitir reduzir no mínimo 80% do tempo de funcionamento da iluminação das escadas da FFUC, como visto anteriormente. Esta diminuição nas horas de funcionamento traduz-se numa redução do consumo de energia anual de 1653,601 kWh. Calculando o preço médio do kWh no horário considerado esta redução representa em termos monetários uma poupança de 186,22 €.

Encontram-se no mercado detetores de ocupação como o da figura F.2, com um alcance de 12 metros e um ângulo de deteção de 180° na horizontal e 60° na vertical, que funcionam inclusive com tensões de 230/300 V, excluindo portanto a necessidade de relés.



Figura F.2 – Detetor de ocupação com alcance de 12 metros.

Os detetores devem intercalar os circuitos da iluminação da escadaria. Para o efeito pode ser usado o cabo H05VV-F 4x1,5 mm². Considera-se que três metros deste cabo por detetor serão suficientes para a implementação desta medida.

4. Custos de implementação

A implementação desta MRE, implica os custos da tabela F.1.

Tabela F.1 – Custos de implementação da medida.

Nome	Quantidade	Custo/unidade
Detetores de ocupação	8	9 €/unidade
Cabo H05VV-F 4x1,5 mm ²	25 metros	1,37 €/metro
Mão-de-obra	8 horas para um assistente técnico	Tabela salarial 2015 posição 2, nível 7
Total	-	142,14 €

5. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A nova estratégia de controlo para a iluminação da escadaria, tendo em conta a ocupação, em relação à estratégia implementada apresenta as seguintes vantagens:

- Menor consumo de energia;
- Melhor adaptação da iluminação à ocupação.

6. Identificação do cenário de referência

A iluminação em questão, consiste em lâmpadas fluorescentes de 18 e 36 W. Encontram-se instaladas e a funcionar nas escadas de acesso do lado dos elevadores (metade Sul), desde o piso 1 (garagem) até ao piso 3 (receção), uma luminária de 18,2 W e oito luminárias de 35 W e desde o piso 3 ao piso 6, uma luminária de 18,2 W e oito de 35 W, ou seja, a iluminação encontra-se distribuída de forma simétrica em relação ao piso 3. Considerando a metade Norte do edifício (lado do monta-cargas), encontram-se, do piso 1 ao piso 3, uma luminária de 18,2 W e sete luminárias

de 35 W e desde o piso 3 ao piso 7 (cobertura) encontram-se a funcionar, uma luminária de 18,2 W e dez luminárias de 35 W.

Atualmente, o controlo da iluminação das escadas de acesso interiores da FFUC, encontra-se disponível no SGTC do edifício. Esta iluminação funciona de forma permanente das 7:00 horas à 1:30 durante todos os dias da semana (18:30 h). Considerando este horário e a potência instalada obtém-se um consumo anual de 8268,005 kWh.

Com esta medida pretende-se instalar detetores de ocupação que permitam controlar a iluminação de forma mais eficiente, paralela com o SGTC. Uma vez que as escadas em questão são escadas com um patamar entre dois pisos subjacentes, considera-se que um detetor de ocupação instalado ao nível do patamar permite cobrir a ocupação dos dois níveis de acesso aos pisos. Com isto, torna-se então necessário à execução da medida a instalação de quatro detetores de ocupação nas escadas de acesso que vão desde a garagem até ao piso 3, para a metade Norte e Sul. Estes quatro detetores permitem comandar 15 luminárias de 35 W e duas de 18,2 W. Em relação aos pisos superiores, considera-se novamente necessária a instalação de quatro detetores, isto devido à não utilização para efeitos de iluminação das luminárias dos pisos superiores 6 e cobertura (existência de boa iluminação natural). Estes detetores permitirão comandar 18 luminárias de 35 W e duas de 18,2 W. Concluindo, a instalação de 8 detetores de ocupação permite comandar de forma mais eficiente toda a iluminação utilizada nas escadas de acesso interiores do edifício.

O Período de retorno do investimento (PRI) Calculado através do quociente entre o investimento inicial e a poupança obtida com a implementação da MRE. Posto isto, com um investimento de 142,14 € e uma poupança de 186,22 € obtém-se um PRI de 9 meses aproximadamente.

7. Plano de Medição e Verificação

7.1 Opção de procedimento e fronteira de medição

A Opção de M&V escolhida é a Opção B, volume 1 do IPMVP, EVO 10000 – 1:2009.

A fronteira de medição:

- Contabilização das horas de funcionamento da iluminação da escadaria;

Optou-se pela Opção B, visto estarem acessíveis no SGTC as horas de funcionamento de cada circuito. Para calcular o consumo, basta portanto multiplicar as horas de funcionamento pela potência das luminárias.

7.2 Período de reporte

De modo a manter uma análise conservativa da poupança obtida com a MRE, considera-se que o período de reporte deve estar situado no período letivo, ou seja, o período de ocupação máxima.

7.3 Método

O plano de medição e verificação deve ser implementado através da análise das horas de funcionamento dos circuitos de iluminação em questão utilizando para o efeito o SGTC instalado na FFUC e da multiplicação do número de horas pela potência das luminárias obtendo-se assim o consumo energético para comparação com o consumo de referência.

7.4 Orçamento

De forma a implementar o plano de M&V torna-se necessário contratar um técnico superior para fazer a sua devida verificação. Consideram-se suficientes 2 horas de trabalho de um técnico superior para a monitorização, que segundo as tabelas salariais em vigor no ano de 2015 (posição 1,1, nível 11,1), correspondem a $\frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 4}$. Isto resulta num orçamento M&V de 11,51 €, o que não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

Apêndice G

**Instalação de painéis solares
fotovoltaicos na cobertura da Faculdade
de Farmácia para produção de energia
em regime de autoconsumo**

Descrição da medida: Instalação de painéis solares fotovoltaicos na cobertura da Faculdade de Farmácia para produção de energia em regime de autoconsumo

Promotor: Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC).

Tipo de medida: Energia Renovável.

1. Objetivos

Esta medida tem como objetivo a instalação de painéis solares fotovoltaicos na cobertura do edifício da Faculdade de Farmácia. Com esta instalação espera-se reduzir a fatura de energia através da incorporação da produção de eletricidade com os recursos naturais disponíveis. Consequentemente esta medida contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa associados à energia consumida.

2. Benefícios da medida

Os benefícios resultantes da implementação desta medida são:

- Redução da fatura energética da Faculdade de Farmácia;
- Redução das emissões de gases de efeito estufa associadas à produção de energia.

3. Barreiras que a medida pretende contornar

A única barreira identificada à implementação desta medida consiste no elevado investimento inicial. Esta barreira pode ser ultrapassada através do financiamento a fundo perdido.

4. Descrição e implementação da medida

Através do SGE foi possível identificar a potência ativa mínima consumida durante o dia ao longo do fim-de-semana como 7 kW. Uma vez que não existe a intenção de vender energia à rede, a potência solar fotovoltaica instalada nunca deve ultrapassar este valor, base do diagrama de carga.

Em relação à área disponível para instalação de painéis fotovoltaicos e segundo a planta da cobertura do edifício, determinou-se uma área de 163,13 m². Os painéis devem ser orientados a Sul com uma inclinação de entre 30° e 35 ° para maximizar o aproveitamento solar.

Uma vez que existe a restrição quanto à potência solar instalada, determinou-se através do PGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) e da área ocupada pelos suportes dos painéis, que a área atualmente disponível é mais do que suficiente para a instalação dos painéis. Ou seja, a limitação para o número de painéis é a potência que estes produzem e não o espaço livre. Como se pode observar na figura G.1, em que se representou a ocupação quase total da área

disponível (13 conjuntos de 5 painéis), sendo no entanto apenas possível instalar 5 conjuntos de 5 painéis solares fotovoltaicos devido à restrição mencionada.



Figura G.1 – Representação da instalação de 13 conjuntos de 5 painéis solares na cobertura do edifício da Faculdade de Farmácia (cada conjunto com a área indicada).

. Como tecnologia escolheu-se um conjunto de 25 painéis fotovoltaicos policristalinos de 260 W cada. Estes painéis (figura G.2) representam uma potência máxima de 6,5 kW, que garante a não injeção de energia na rede pública.



Figura G.2 – Painel solar fotovoltaico policristalino de 260 W.

O inversor a instalar deve ter uma tensão de referência de 24 V e uma potência de saída aproximada da potência máxima. Com isto selecionou-se o inversor da figura G.3, com uma tensão

de operação situada entre os 20 e os 30 V e uma potência ativa em regime contínuo de 7 kW, podendo no entanto suportar 14 kW. A tensão de saída é tensão AC de 247 V \pm 10%.



Figura G.3 – Inversor DC/AC de 7 kW.

Em termos de cablagem, tendo em conta a potência instalada, a distância dos módulos e a regulação americana NEC, devem ser utilizados cabos com uma secção 16 mm² para a ligação dos conjuntos de painéis ao inversor. De forma a obter o comprimento dos cabos necessário considerou-se que o inversor se situa na courette técnica, ao lado do elevador monta-cargas, no piso da cobertura.

Deve também ser instalado um contador trifásico simples (sem transformador de intensidade) no ponto de entrega da energia produzida pelos painéis fotovoltaicos.

Através do PGIS é possível determinar que esta instalação com uma inclinação de 35° produz 9730 kWh por ano com uma média diária de energia de 26,7 kWh. Considerando os horários em que esta tecnologia gera energia definiu-se como preço médio de 0,15 €/kWh. Com isto, esta medida representa uma poupança monetária anual de 1459,5 €.

5. Custos de implementação

Para que esta medida seja implementada devem ser suportados os seguintes custos:

Tabela G.1 – Custos de implementação da MRE.

Nome	Quantidade	Custo/unidade
Conjunto de 25 Painéis Fotovoltaicos 260 W	1	5335,55 €
Inversor 7 kW	1	1093,56 €
Suportes triangulares	5	262,36 €
Cabo solar 16 mm ²	15 metros	4,22 € / metro
Cabo solar 10 mm ²	20 metros	2,31 € / metro
Cabo solar 6 mm ²	10 metros	2,26 € / metro
Cabo solar 4 mm ²	30 metros	3,15 € / metro

Contador trifásico simples	1	100 €
Mão-de-obra	24 horas para um técnico superior e para um assistente técnico	Tabela salarial 2015 posição 3, nível 19 e posição 1, nível 5
Total	-	8352,65 €

O Período de retorno do investimento (PRI) Tendo em o investimento e as poupanças monetárias associadas, obtém-se um período de cerca de 5 anos para retorno do investimento.

6. Plano de Medição e Verificação

6.1 Opção de procedimento e fronteira de medição

A Opção de M&V escolhida é a Opção B, volume 1 do IPMVP, EVO 10000 – 1:2009.

A fronteira de medição:

- Medição da energia produzida pelos painéis fotovoltaicos durante um mês ensolarado.

A instalação de tecnologias de aproveitamento solar, implica normalmente a obrigação de monitorizar produção de energia.

Estima-se que a produção de energia solar se mantenha para semanas com condições climatéricas semelhantes.

6.2 Período de reporte

O período de reporte deve ser definido como um período em que se prevejam dias ensolarados, de forma a determinar que a potência ativa instantânea produzida pelo aproveitamento solar não ultrapassa a consumida, evitando-se assim a injeção de energia na rede.

6.3 Método

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização da produção de energia dos painéis durante um mês de Verão. Para o efeito deve ser utilizado o equipamento de monitorização trifásico e o mesmo deve ser instalado no quadro em que for feita a ligação do sistema fotovoltaico.

6.4 Orçamento

De forma a implementar o plano de M&V torna-se necessário contratar um técnico superior para fazer a sua devida análise da produção de energia. Devem-se considerar 1 hora de trabalho de um técnico superior para a monitorização, que segundo as tabelas salariais em vigor no ano de

2015 (posição 1,1, nível 11,1), corresponde a $\frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} * 8}$. Esta monitorização resulta num orçamento M&V de 5,75 €, o que não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

Apêndice H

Substituição de frigoríficos de classe de eficiência energética baixa por unidades eficientes

Designação da medida: Substituição de frigoríficos de classe de eficiência energética baixa por unidades eficientes

Promotor: Departamento de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores (DEEC).

Tipo de medida: Refrigeração

1. Objetivos

Encontram-se instaladas várias unidades de refrigeração na FFUC. Como consequência torna-se importante garantir uma boa eficiência deste tipo de equipamentos. Com esta medida pretende-se substituir os equipamentos menos eficientes por equipamentos eficientes e assim reduzir a carga em equipamento de refrigeração do edifício.

2. Benefícios da medida

Esta medida permite alcançar os seguintes benefícios:

- Redução do consumo de energia da Faculdade de Farmácia;
- Aumento da eficiência das unidades de frio da Faculdade de Farmácia;
- Redução da fatura energética da Faculdade de Farmácia.

3. Barreiras que a medida tenta contornar

As principais barreiras que esta medida enfrenta consistem em:

- Dificuldade em substituir unidades antigas, mas bem cuidadas;
- Falta de informação sobre o consumo de energia das unidades com classe de eficiência baixa.

4. Descrição e implementação da medida

Um dos pontos mais importantes na tomada de decisão sobre a substituição deste tipo de equipamentos prende-se com o tempo de amortização dos equipamentos instalados. Com isto torna-se óbvio que os equipamentos a substituir são numa fase inicial, os equipamentos mais antigos. Estes equipamentos são também os que têm a classe de eficiência mais baixa e portanto apresentam um consumo de energia maior.

Como tecnologias de substituição consideram-se as unidades de frio das figuras 1 e 2. De forma a decidir sobre qual a tecnologia de substituição mais vantajosa, foi elaborada uma tabela em que se faz a comparação das diversas tecnologias disponíveis no mercado (Comparação tecnologias de substituição). Para a parte de refrigeração considera-se como tecnologia de substituição, o frigorífico AEG S73 100KDX0.



Figura H.1 – Frigorífico de uma porta AEG S73 100KDX0.

Este frigorífico de uma porta apresenta um consumo anual de 71 kWh e um preço de mercado de aproximadamente 750 €, com uma capacidade de refrigeração de 297 litros.

Relativamente à parte de congelação determinou-se que a tecnologia de substituição mais vantajosa seria a arca vertical de uma porta Electrolux SG 224.



Figura H.2 – Arca vertical de uma porta Electrolux SG 224.

Esta arca vertical apresenta um consumo anual de 136 kWh, um preço de mercado de aproximadamente 1800 € e uma capacidade útil de 246 litros.

Com base no levantamento efetuado, pode-se concluir que se encontram em funcionamento na FFUC os seguintes equipamentos com classe de eficiência energética inferior a B: 7 frigoríficos combinados, 2 pequenos de uma porta e 2 frigoríficos de uma porta. Estes equipamentos totalizam um consumo anual de energia de aproximadamente 4820 kWh e constituem uma capacidade média útil de refrigeração de 2280 litros e uma capacidade média útil de congelação de 500 litros. Como tal, de forma a proceder à substituição destes equipamentos devem ser adquiridos 8 (7.67) frigoríficos de classe A+++ mencionados anteriormente e 2 (2.03) arcas verticais de congelação de classe A+++ , também mencionadas anteriormente. Estas unidades futuramente instaladas totalizam um consumo anual de 840 kWh. Com isto atinge-se uma redução no consumo de energia de 3980 kWh por cada ano. Em termos monetários, tornou-se necessário calcular o preço médio do kWh: 0,1219 €/kWh, considerando o valor do IVA. Com isto pode-se concluir que a substituição de unidades de frio com classe energética inferior a B trará uma poupança em termos monetários de 485,16 € por cada ano.

Segundo o PPEC 2011/12, o período de amortização de um frigorífico/combinado é de 15 anos. Para os equipamentos com classe energética inferior a B, considera-se nulo o período de amortização, dado estes equipamentos já se encontrarem em funcionamento nas antigas instalações da FFUC.

5. Vantagens do conjunto de ações ou tecnologias incluídas

A estratégia de substituição de unidades de refrigeração antigas por unidades de refrigeração eficientes, apresenta as seguintes vantagens:

- Menor consumo de energia;
- Melhor adaptação da refrigeração e da congelação às necessidades dos utentes do edifício devido à utilização de unidades de apenas uma função.

6. Custos de implementação

Os custos necessários à implementação desta medida constam da tabela apresentada a seguir.

Tabela H.1 – Custos de implementação da medida

Nome	Quantidade	Custo/unidade
Frigorífico de uma porta de classe energética A+++	8	750 €
Arca vertical de classe energética A+++	2	1800 €

Mão-de-obra	8 horas para um encarregado operacional e 8 horas para dois assistentes operacionais	Tabela salarial 2015 posição 3, nível 10 e posições 2 e 1,3, níveis 2 e 1,3
Total	-	9690,05 €

7. Identificação do cenário de referência

A classe de eficiência dos vários equipamentos de frio, definida na Síntese de Caracterização, foi obtida através da observação das condições gerais dos equipamentos, isto nos casos em que essa informação não se encontrava explícita no equipamento. Pelos consumos energéticos obtidos foi possível verificar e corrigir algumas das classes definidas.

Notou-se também, na fase de observação dos equipamentos de frio, que a grande maioria das unidades de frio se encontra sobrelotada o que leva a um maior consumo energético. Outro aspeto observado foi o de muitos deles se encontrarem junto a janelas da fachada Sul do edifício, além de estarem demasiadamente encostados às paredes.

Através da monitorização de vários frigoríficos, nomeadamente: 5 frigoríficos combinados, um de uma porta e um frigorífico pequeno de uma porta (Consumos frio 2 dias), chegou-se a um valor médio de energia consumida de 2,4 kWh a cada dois dias para equipamentos de refrigeração de classe energética inferior a B.

Uma vez que a grande maioria dos equipamentos menos eficientes instalados, consiste em frigoríficos combinados ou frigoríficos com capacidade de congelação interior, torna-se importante separar a capacidade de refrigeração da capacidade de congelação. Em termos médios, um frigorífico combinado conta com 220 litros de capacidade de refrigeração útil e 60 litros de capacidade de congelação útil. Relativamente aos frigoríficos pequenos de uma porta considera-se uma capacidade média de refrigeração útil de 110 litros e uma capacidade de congelação útil média de 15 litros. Finalmente em relação aos equipamentos de uma porta, considera-se uma capacidade de refrigeração de 260 litros e uma capacidade de congelação de 25 litros, pois observou-se na maioria dos casos que as unidades possuíam capacidade de congelação interior. Como a tecnologia de substituição, consiste em unidades de uma porta com uma única funcionalidade: refrigeração/congelação, deve-se ter em conta este aspeto importante.

O Período de Retorno do Investimento (PRI) Considerando o período de amortização para as novas unidades de frio, obtemos um PRI de dois anos e seis meses aproximadamente, isto sem considerar a inflação no preço da energia ao longo deste período.

8. Plano de Medição e Verificação

8.1 Opção de procedimento e fronteira de medição

A Opção de M&V escolhida é a Opção B, volume 1 do IPMVP, EVO 10000 – 1:2009.

A fronteira de medição:

- Medição do consumo de energia de um frigorífico de uma porta e de uma arca vertical, ambos com classe energética A+++;

8.2 Período de reporte

Após a implementação da MRE, deve ser feita a monitorização do consumo de energia de um frigorífico de uma porta e de uma arca de congelação vertical durante dois dias de forma a comparar com os valores de referência e assim obter o valor real da poupança obtida.

8.3 Método

O plano de M&V para a MRE em questão deve ser implementado através da monitorização do consumo de energia de um frigorífico de uma porta e de uma arca vertical de classe A+++ durante dois dias, do período letivo. Esta monitorização deve ser repetida em período de férias. Para o efeito devem ser utilizados equipamentos de monitorização monofásicos e os mesmos devem ser instalados nas tomadas de alimentação elétrica das unidades de frio. O equipamento em questão apresenta o valor do consumo de energia em kWh acumulados. Para obter o valor consumido durante dois dias, basta calcular a diferença entre o valor lido no segundo dia e o valor lido aquando da instalação. O custo da energia consumida deve ser calculado multiplicando o consumo de energia obtido pelo preço médio do kWh anual.

8.4 Orçamento do plano M&V

De forma a implementar o plano de M&V torna-se necessário alugar os equipamentos de monitorização e contratar um técnico superior para fazer a sua devida instalação. Em relação aos equipamentos considera-se que o aluguer destes consiste no valor do investimento inicial nesses equipamentos dividido pelos dias úteis do ano, resultando em $\frac{97,28 \text{ €}}{5 \text{ dias} \cdot 52 \text{ semanas}}$, isto considerando um preço de aquisição do equipamento de 48,64 €. Deve-se ainda somar 2 horas de trabalho de um técnico superior para a primeira monitorização e 1 hora para a segunda, que segundo as tabelas salariais em vigor no ano de 2015 (posição 1,1, nível 11,1), correspondem a $\frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} \cdot 4} + \frac{1012,68\text{€}}{22 \text{ dias} \cdot 8}$. Tudo somado resulta num orçamento M&V de 17,64 €, o que não ultrapassa 10% dos custos de implementação da MRE.

Apêndice I

Cartaz motivacional da Ação de sensibilização



Sabia que...

Ao utilizar AS ESCADAS:

- ✓ Os ganhos para a saúde podem ser consideráveis. Subir escadas permite gastar 7 vezes mais calorias do que usar o elevador. ^[1]
- ✓ Subir escadas durante dois minutos por dia permite um gasto de calorias suficiente para eliminar 500 g do peso de um adulto num ano. ^[1]
- ✓ Subir 3 andares por dia, pode diminuir o risco de AVC em cerca de 20 por cento. ^[1]
- ✓ Subir escadas é uma forma efetiva de perder peso, mesmo que de forma lenta, e permite um gasto de calorias 3 vezes superior ao que é conseguido com marcha rápida, numa superfície plana. ^[2]
- ✓ A utilização de escadas no dia-a-dia pode contribuir bastante para o gasto de calorias. Por exemplo, uma pessoa de 80 Kg que suba 3 m de lances de escadas, dez vezes por dia, poderá gastar cerca de 28 kcal/dia. Ao final de um ano, poderá gastar cerca de 10000 kcal, o que equivale a cerca de 1,3 Kg de gordura. ^[3]
- ✓ Subir escadas é uma atividade física que cumpre os requisitos mínimos de intensidade para o alcance de benefícios cardiorrespiratórios e de saúde. ^[4]
- ✓ A utilização de escadas, especialmente em indivíduos que têm um estilo de vida sedentário, é uma forma simples de reduzir significativamente o risco de doença cardiovascular. ^[5]
- ✓ A utilização de escadas a subir despende 9,6 vezes e a descer 4,9 vezes mais energia do que a utilizada em repouso. ^[6]
- ✓ O uso regular das escadas por parte dos cidadãos, tem um impacto significativo na saúde pública. ^[7]
- ✓ A utilização de escadas gera ganhos ambientais, em termos de poupança no consumo de energia. ^[7]

¹New York City Department of Health and Mental Hygiene, 2008

²Harvard Medical School, 2009

³Lewis AL, Eves FF. Testing the theory underlying the success of point-of-choice prompts: A multi-component stair climbing intervention, 2011

⁴Teh, K. et al. Heart rate, oxygen uptake and energy cost of ascending and descending the stairs. Med Sci Sports Exerc. 2002;34(4):695-9.

⁵Meyer, P. et al. Stairs instead of elevators at workplace: cardioprotective effects of a pragmatic intervention, 2010

⁶Lewis AL, Eves FF. Testing the theory underlying the success of point-of-choice prompts: A multi-component stair climbing intervention, 2012

⁷Meyer, P. et al. Stair use for cardiovascular disease prevention, 2009

Apêndice J

Equipamentos laboratoriais da FFUC

Tabela J.1 – Caracterização das estufas da Faculdade de Farmácia da UC.

Estufa (Marca/Modelo)	Tipo (Fechada/Envidraçada)	Idade	Local (Laboratório/Sala)
Heraeus	Envidraçada	Antiga	OL.14
Heraeus	Envidraçada	Antiga	OL.09/10/11/12
Heraeus	Envidraçada	Antiga	OL.09/10/11/12
Binder	Fechada	Recente	OL.04
Memmert	Fechada	Recente	Análises Clínicas
Heraeus	Envidraçada	Antiga	1L.1/2
Heraeus	Envidraçada	Antiga	1L.1/2
Heraeus	Envidraçada	Antiga	1L.1/2
Heraeus	Fechada	Recente	1L.1/2
Binder	Fechada	Recente	1L.19/20
Elektro Helios	Envidraçada	Antiga	1L.22/23
Binder (1.4kW 6.1A)	Fechada	Recente	1L.24/25
Binder (1.4kW 6.1A)	Fechada	Recente	1L.24/25
Heraeus (3.5A)	Fechada	Antiga	1L.14
Heraeus (2kW 9.1A)	Fechada	Antiga	1L.14
Specac	Envidraçada	Antiga	1L.09/10
Barral	Envidraçada	Antiga	1L.08/09/10
P Selecta (3.4kW 14.7A)		Antiga	1L.06
Heraeus		Antiga	1L.12
Heraeus		Antiga	1L.12
Memmert	Fechada	Recente	1L.12
“Trifásica” Made in Western Germany	Fechada	Antiga	2L.01/02
Memmert	Fechada	Recente	2L.01/02
Memmert	Fechada	Recente	2L.01/02
Binder	Fechada	Recente	2L.01/02
Trade Raypa	Fechada	Recente	2L.11/12
Memmert Trifásica 5kW			2L.23
Heraeus	Fechada	Antiga	2L.23
Heraeus	Fechada	Recente	2L.19/20
Binder			2L.14
Memmert			3L.08/09/10
P Selecta	Envidraçada	Antiga	3L.08/09/10
P Selecta VacioTerm			3L.08/09/10
P Selecta			3L.08/09/10
P Selecta			3L.08/09/10
Trade Raypa			3L.23/24
Heraeus	Envidraçada	Antiga	3L.23/24
Memmert		Recente	3L.23/24
P Selecta	Envidraçada	Antiga	3L.23/24
Trade Raypa	Fechada	Recente	3L.20
	Envidraçada	Antiga	3L.20
Trade Raypa	Fechada	Recente	3L.20
Ehret			3L.20

Heraeus			3L.20
Trade Raypa	Fechada		3L.18
P Selecta			3L.18
Heraeus	Envidraçada	Antiga	3L.17
Heraeus	Envidraçada	Antiga	3L.15/16
Heraeus	Envidraçada	Recente	3L.15/16
Heraeus	Envidraçada	Recente	3L.15/16
Heraeus	Envidraçada	Antiga	3L.15/16
Heraeus	“Vácuo”	Recente	3L.15/16
Heraeus	“Vácuo”	Recente	3L.15/16
Heraeus	“Vácuo”	Antiga	3L.01
Heraeus	“Vácuo”	Antiga	3L.01
Heraeus	“Ventilada”	Antiga	3L.01
Trade Raypa	Fechada	Recente	3L.02
Heraeus	“Ventilada”		3L.04/05
Memmert			3L.06/07
Heraeus		Antiga	3L.06/07
Trade Raypa		Recente	3L.06/07
Heraeus		Antiga	3L.06/07

Equipamentos de ar condicionado instalados no piso 1 da Faculdade de farmácia:

- 3 AC Daikin inverter RX2DGV1B
- 1 AC Daikin multi inverter Europe NV 4MXS80E7U3B1
- 1 AC Daikin inverter RXS5DF2V1B 2007

Levantamento de equipamentos laboratoriais:

Piso 3

- 1 mufla carbolite 2000W OL.04
- 1 cromatógrafo gasoso GC-2010 Shimadzu com funcionamento contínuo
- 1 absorção atômica analytik jena
- 1 câmara de fluxo laminado
- 1 autoanalisador bioquímica Beckman coulter

Piso 4

- 1 incubadora Binder
- 1 Buchi Mini Stray Dryer B-290
- 1 compressor LF + desumidificador
- 1 incubadora Laboratory incubator IB-9052^a
- 1 incubadora INCO2 Memmert
- 1 câmara de fluxo

- 1 câmara de fluxo Foster BH-EN 2005
- 1 cromatógrafo líquido LC-2010CHT Shimadzu
- 1 máquina de lavar loiça Smeg

Piso 5

- 1 incubator shaker model G25 new scientific
- 1 banho GFL
- 1 banho Memmert
- 3 espetofetómetros Perkin Elmer LS50B
- 1 cromatógrafo a gás Clarus 580
- 1 espetofetómetro absorção atómica Perkin Elmer AAnalyst 200
- 1 espetofetómetro absorção atómica Perkin Elmer FT-IR
- 1 espetofetómetro absorção atómica Jasco FP-8200
- 1 Parkin Elmer Flexan Solvent Manager 3-CH Degasser (HPLC)
- 1 ár condicionado portátil HSM
- 1 máquina de gelo Scotsman AF 120
- 1 Milli-Q
- 1 máquina de lavar louça Smeg GW4050
- 1 espetofetómetro UV-1800 Shimadzu
- 1 espetofetómetro Jenway 6405 OV
- 1 centrifugadora Kobota 5400
- 1 espetofetómetro Perkin Elmer Lambda 3UV/VIS
- 1 centrifugadora Damon/IEC Division Temp. Control
- 1 centrifugadora Sigma 3-18K
- 1 centrifugadora Beckman L-80 Ultra
- 1 centrifugadora Biofuge 17RS Heraeus Septeck
- 3 nichos Foster BH-EN 2005
- 1 incubadora MCO-154C
- 1 centrifugadora Kobota 2010
- 1 banho GFL
- 1 nicho

- 1 centrifugadora Sigma

Piso 6

- 1 cromatógrafo a gás Agilent Technologies GCS 6890N
- 3 Agilent Technologies GCS 6890N
- 1 Agilent 7694E Headscope Samples
- 2 Agilent Technologies 5973
- 1 centrifugadora Sigma Laborzentrifugem 3K1L
- 1 banho GFL 1083
- 1 placa de aquecimento por bancada em substituição do gás natural 825 W Heidolph Nei-Standard
- 2 HPLC
- 1 espetofetómetro
- Mantas de aquecimento tipicamente 1 por nicho
- 1 espetofetómetro Hitachi U-2000
- 1 uniclave 88
- 1 banho GFL 1083
- 1 cromatógrafo LC-2010 C HT Shimadzu
- 1 Milli-Q (água destilada)
- 1 espetofetómetro Jaici FT/Ir-420
- Courette técnica do piso 4
- Labcongo stoppering tray dryer – 403397
- Labcongo Frezze dry system Freezone 6
- Labcongo Shell Feezer - 403415

Relativamente aos espetofetómetros, estes apresentam tipicamente uma potência aparente de 300 VA. Quanto aos cromatógrafos estes apresentam uma potência aparente típica de 700 VA.

