

UNIVERSIDADE DE LISBOA  
FACULDADE DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA GEOGRÁFICA, GEOFÍSICA E ENERGIA



## **Estudo de Soluções de Otimização para melhoria da Eficiência Energética do Edifício Tec Labs**

Filipa Fernandes Chouriço

**Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente**

Dissertação orientada por:  
Eng.<sup>a</sup> Filipa Menezes (BlastingFM)  
Prof.<sup>a</sup> Doutora Laura Aelenei (FCUL)

2017



## Agradecimentos

Começo por agradecer à Engenheira Filipa Menezes, pela oportunidade que me deu ao realizar esta dissertação onde me senti apoiada pelo seu entusiasmo, conselhos e conhecimento que me foi transmitindo. Agradeço, igualmente, à Professora Doutora Laura Aelenei pela sua orientação e conselhos produtivos. Ao professor Doutor Miguel Brito pelas suas recomendações acerca da proposta de implementação de um sistema solar fotovoltaico.

À minha mãe, por todos os sacrifícios que fez para que nunca nada me faltasse e ao Manuel que desde cedo está presente em todos os momentos da minha vida e me trata como uma filha.

Ao meu pai, que sei que lá de cima estará sempre a olhar por mim e a guiar-me para um caminho feliz.

Aos meus amigos e colegas, particularmente ao Filipe e à Sofia, que acompanham o meu percurso dentro e fora do universo académico demonstrando sempre companheirismo e acima de tudo amizade.

Por fim, agradeço ao meu namorado Ricardo, por ter sido sempre o meu porto de abrigo. Um especial obrigado por todas as palavras, carinho e incentivo ao longo destes últimos 5 anos.



## Abstract

The buildings sector is responsible for approximately 40% of final energy consumption in Europe, which is reduced to 30% in the case of Portugal.

In this way, the role of implementation of Energy Efficiency measures becomes essential to an annual reduction of tons of CO<sub>2</sub>. Thus, it is expected that more than 50% of consumption practiced in the buildings can be reduced by the application of Energy Efficiency measures, which represents an annual reduction of 400 million tons of CO<sub>2</sub>.

In this work the study target was the building Tec Labs - Innovation Center of Sciences of ULisboa, made up of several companies with different energy consumptions according to their area of activity. In order to do so, it was analyzed the electricity consumption of the building during the period from April 2016 to March 2017, through an exhaustive collection of information, starting with the energy consumption to the respective profiles of use of the spaces and various equipment.

From these results the energy consumption breakdown was made, which allowed to understand how these are distributed in the lighting, air conditioning and equipment sectors. In the latter sector, there is a subdivision consisting of office, laboratory and 'other' equipment.

In order to achieve a reduction in electricity consumption, optimization solutions were suggested to improve the Energy Efficiency of the Tec Labs building, which were accompanied by the respective economic feasibility study.

The implementation of an on-grid photovoltaic solar system in the building was also the subject of study. This measure aims at the incorporation of energy from renewable sources in the building that will be advantageous not only from the environmental point of view as the consumer. The latter can benefit from the energy for self-consumption so that part of the building's electricity consumption is supplied, which will have the immediate consequence of reducing the electricity bill.

Finally, a very relevant study was carried out regarding the current leasing method of the companies incubated by Tec Labs, and an alternative methodology was proposed. This proposed method is based on the adjustment of the rent paid by each incubated company, taking into account not only the total occupied area, alluding to the current leasing method, but also to the electricity consumption practiced by each company. The principle of the proposed method aims to sensitize and raise awareness the occupants of each leased space of the building for a more efficient consumption of energy.

**Keyword:** Tec Labs, Energy Efficiency, Solar Photovoltaic, LED Technology, Energy Saving



## Resumo

O setor dos edifícios é responsável por, aproximadamente, 40% do consumo da energia final na Europa, sendo este valor reduzido para 30% no caso particular de Portugal.

Desta forma, o papel da implementação de medidas de Eficiência Energética torna-se essencial para uma redução anual de toneladas de CO<sub>2</sub>. Assim, é esperado que mais de 50% do consumo praticado no setor dos edifícios possa ser reduzido pela aplicação de medidas de Eficiência Energética, o que representa uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub>.

Neste trabalho o alvo de estudo foi o edifício Tec Labs – Centro de Inovação de Ciências da ULisboa, constituído por diversas empresas com diferentes consumos energéticos de acordo com a sua área de atividade. Para tal, analisaram-se os consumos de energia elétrica do edifício no período compreendido entre Abril de 2016 a Março de 2017, através de uma recolha exaustiva de informação, desde os consumos energéticos até aos respetivos perfis de utilização dos espaços e dos diversos equipamentos.

A partir desses resultados procedeu-se à desagregação de consumos de energia, que permitiu compreender como estes se encontram repartidos pelos setores de iluminação, climatização e equipamentos. Neste último sector, há uma subdivisão que consiste nos equipamentos de escritório, de laboratório e ‘outros’.

De modo a ser alcançado uma diminuição do consumo de eletricidade, sugeriram-se soluções de otimização para melhoria da Eficiência Energética do edifício Tec Labs que foram acompanhadas pelo respetivo estudo de viabilidade económica.

A implementação de um sistema solar fotovoltaico *on-grid* no edifício foi igualmente alvo de estudo. Esta medida visa a incorporação de energia proveniente de fontes renováveis no edifício que irá ser vantajosa não só do ponto de vista ambiental como do consumidor. Este último poderá beneficiar da energia para autoconsumo de modo a que seja suprida parte do consumo de energia elétrica do edifício, que terá como consequência imediata a redução da fatura de eletricidade.

Por fim, foi também realizado um estudo bastante relevante referente ao método atual de arrendamento das empresas incubadas pelo Tec Labs, tendo sido proposta uma metodologia alternativa. Este método proposto prende-se pelo ajustamento da renda paga por cada empresa incubada atendendo não só à área total ocupada, alusiva ao método atual de arrendamento, como também ao consumo de eletricidade praticado por cada empresa. O princípio do método proposto pretende sensibilizar e consciencializar os ocupantes de cada espaço arrendado do edifício para um consumo mais eficiente de energia.

**Palavras-chave:** Tec Labs, Eficiência Energética, Solar Fotovoltaico, Tecnologia LED, Poupança Energética



# Índice

Agradecimentos.....	iii
Abstract .....	v
Resumo.....	vii
Índice de Figuras .....	xi
Índice de Tabelas.....	xii
Lista de Abreviaturas.....	xiii
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento e Motivação.....	1
1.2. Objetivos .....	2
1.3. Estrutura da dissertação.....	2
2. Estado de arte .....	5
2.1. Diretiva de Eficiência Energética.....	7
2.2. Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios .....	7
2.3. Estratégia nacional - PNAEE 2016 e o PNAER 2020.....	8
2.3.1. PNAEE 2016 .....	8
2.3.2. PNAER 2020.....	9
2.4. Medidas de Eficiência Energética .....	10
2.4.1. Tecnologia LED e utilização de detetores de presença .....	10
2.4.2. Sistemas Solares Fotovoltaicos – <i>On-grid e Off-grid</i> .....	11
3. Descrição do caso de estudo.....	13
3.1. Tec Labs – Centro de Inovação de Ciências da ULisboa .....	13
3.2. Ocupação e respetiva utilização dos espaços .....	14
3.3. Sistemas de climatização.....	14
3.4. Iluminação.....	15
3.5. Equipamentos .....	16
4. Metodologia.....	17
4.1. Análise do consumo de energia.....	17
4.1.1. Desagregação de consumo energético.....	18
5. Proposta de medidas de Eficiência Energética .....	21
5.1. Substituição de iluminação.....	21
5.2. Sistema de controlo de iluminação.....	24
5.3. Integração de produção de Energia Fotovoltaica .....	27
5.3.1. Definição da Localização no <i>PVsyst</i> .....	28
5.3.2. Modelo dos módulos fotovoltaicos .....	29
5.3.3. Definição de sombreamentos .....	30
5.3.4. Capacidade instalada em energia fotovoltaica.....	32
5.3.5. Análise financeira.....	33

5.4.	Síntese de resultados com as medidas propostas.....	34
6.	Revisão do método atual de arrendamento.....	35
6.1.	Método proposto de arrendamento.....	35
7.	Conclusão.....	37
8.	Referências Bibliográficas .....	39
9.	Anexos.....	41

## Índice de Figuras

Figura 2.1 - Evolução da Dependência Energética de Portugal [%]. [3].....	5
Figura 2.2 - Consumo total de energia final em Portugal por setor de atividade em 2005 e 2015 [%]. [3] Adaptado (DGEG 2015).....	6
Figura 2.3 – Síntese global dos impactos do PNAEE 2016. Fonte: PNAEE 2016. ....	9
Figura 3.1 - Edifício Tec Labs.....	13
Figura 3.2 - Exemplo de unidades de condicionamento do ar presentes no edifício.....	14
Figura 3.3 - Exemplo do tipo de iluminação fluorescente tubular T8, compacta fluorescente e vapor de mercúrio de alta pressão, respetivamente, nas instalações. ....	15
Figura 3.4 – Exemplo do tipo de equipamentos existentes nas instalações. ....	16
Figura 4.1 - Comparação dos consumos adquiridos por faturação com os obtidos por simulação para o período em análise.....	17
Figura 4.2 - Desagregação do consumo de energia elétrica por tipo de utilização. ....	19
Figura 4.3 – Consumo anual de energia desagregado por sistema para cada piso do edifício em análise. ....	20
Figura 4.4- Exemplo de equipamentos de laboratório, como estufas, arcas e frigoríficos combinados.....	20
Figura 5.1 - Exemplo de uma lâmpada tubular e um projetor de 100W de tecnologia LED, respetivamente.....	24
Figura 5.2 – Iluminação de zonas de circulação à esquerda e detetor proposto para a medida de sistema de controlo da mesma.....	26
Figura 5.3 – Imagem meramente ilustrativa da configuração de um sistema solar fotovoltaico <i>On-grid</i> . Fonte: T8M Energia Solar.....	27
Figura 5.4 - Vista superior da cobertura do edifício. A zona delimitada a amarelo corresponde à área viável para instalação do sistema. Fonte: <i>Google Earth</i> . ....	28
Figura 5.5 – Área disponível para a instalação do sistema.....	28
Figura 5.6 – Parede adjacente à área útil considerada para implementação do sistema PV.....	30
Figura 5.7 - Irradiação global horizontal incidente com e sem a aplicação do sombreamento no horizonte provocado pelo sombreamento da parede adjacente e irradiação global incidente no plano inclinado. Fonte: <i>PVsystem</i> . ....	32
Figura 5.8 - Energia total anual e desagregada por meses que o sistema fotovoltaico em estudo consegue gerar. Fonte: <i>PVsystem</i> .....	32
Figura 5.9 – Potencial da implementação das soluções de otimização propostas sobre o consumo de eletricidade praticado no edifício. ....	34

## Índice de Tabelas

Tabela 3.1 - Sumário da distribuição do tipo de iluminação e respetiva quantidade e potência associada por piso do Tec Labs. ....	15
Tabela 5.1 - Quantidade de lâmpadas T8 e respetiva potência para a iluminação atual e proposta de iluminação LED. ....	21
Tabela 5.2 - Energia anual consumida pela iluminação atual T8 e proposta LED com respetiva poupança anual. ....	22
Tabela 5.3 - Análise financeira da proposta de substituição de lâmpadas. ....	22
Tabela 5.4 - Quantidade de lâmpadas CFL, Halogéneo e vapor de mercúrio e respetiva potência para a iluminação atual e proposta de iluminação LED. ....	23
Tabela 5.5 - Energia anual consumida pela iluminação atual e proposta LED com respetiva poupança anual. ....	23
Tabela 5.6 - Análise financeira da proposta de substituição de lâmpadas. ....	24
Tabela 5.7 - Características do detetor de presença e movimento escolhido [22]. ....	25
Tabela 5.8 - Comparação do consumo anual de energia elétrica atual com a proposta dos detetores. .	26
Tabela 5.9 - Análise financeira da proposta de implementação do detetor de presença e movimento. .	26
Tabela 5.10 - Irradiância solar média incidente numa superfície com inclinação horizontal. ....	29
Tabela 5.11 - Especificações mais relevantes do módulo <i>Sunmodule® SW 240 poly</i> [23]. ....	29
Tabela 5.12 – Quadro síntese dos resultados da implementação das medidas de Eficiência Energética no edifício. ....	34
Tabela 6.1 - Análise do método de arrendamento atual e do método proposto para o mês de Março de 2017. ....	35

## Lista de Abreviaturas

C – Custo total de investimento (€)

CA – Corrente Alternada

CC – Corrente Contínua

CFL – Lâmpada Compacta Fluorescente

CO<sub>2</sub> – Dióxido de Carbono

ESE - Empresas de Serviços Energéticos

FCUL – Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

FER – Fontes de Energia Renovável

IV - Infravermelho

LED –*Light Emitting Diode*

nZEB - *Nearly Zero Energy Building*

P – Poupança total anual (€)

PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética

PNAER - Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

PRS – Período de Retorno Simples

*PVGIS - Photovoltaic Geographical Information System*

*PV – Photovoltaic*

RECS - Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

REH - Regulamento de Desempenho Energéticos dos Edifícios de Habitação

RESP – Rede Elétrica de Serviço Público

SCE - Sistema de Certificação Energética dos Edifícios

Tep – Tonelada equivalente de petróleo

UE – União Europeia



# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento e Motivação

Até ao início da década de 70 e com o pressuposto de que as reservas petrolíferas eram inesgotáveis, a energia era vendida a preços muito reduzidos o que conduzia a grandes desperdícios em relação ao consumo da mesma. Com as crises energéticas da década de 70 existiu um despertar de consciencialização da escassez destas fontes de energia não renováveis, motivando a necessidade de alternativas aos combustíveis fósseis.

Em Portugal, o consumo de energia nos edifícios de comércio e serviços encontra-se repartido em: 77% de energia elétrica, 12% de gás natural, 7% de derivados do petróleo (GPL, gasóleo de aquecimento e fuel) e por fim 4% correspondentes a fontes de energia renovável (biomassa e solar). Face a estes consumos, principalmente ao de eletricidade, estima-se que o consumo de energia em edifícios poderá ser reduzido em 30% a 80% utilizando-se tecnologias testadas e comercialmente disponíveis [1].

O Tec Labs – Centro de Inovação de Ciências é o polo agregador de todas as iniciativas de empreendedorismo de base tecnológica da Faculdade de Ciências e da Universidade de Lisboa que tem como valores a inovação, o rigor e a colaboração [2]. A visão de uma sociedade que valoriza o conhecimento criado em ambiente universitário motivou a realização desta dissertação com a colaboração da BlastingFM, empresa sediada no edifício em estudo cuja construção remonta à década de 80 do século passado.

O edifício em questão é constituído por diversas empresas com diferentes consumos energéticos de acordo com a sua área de atividade, no qual se encontram salas de escritório e laboratórios sendo ainda de considerar os espaços comuns, como corredores e instalações sanitárias. Tendo em conta que este edifício apresenta consumos energéticos elevados e diferenciados, existe a necessidade de os otimizar bem como determinar os consumos a partir da atividade de cada empresa. A consciencialização para esta questão levará os utilizadores a ter práticas conducentes a uma maior Eficiência Energética.

Assim, a elaboração de um Estudo de Soluções de Otimização para a melhoria da Eficiência Energética do Tec Labs contribui não só para uma redução na fatura energética como vai ao encontro das preocupações relacionadas com a racionalização energética no sector dos edifícios em geral.

Uma vez que o edifício em estudo possui um contador de energia geral, comum a todas os espaços, é decisivo recorrer a uma metodologia *in situ* com o objetivo de serem identificados todos os consumos energéticos e posterior desagregação de acordo com as diferentes unidades orgânicas. Deste modo, ter-se-á em conta a distribuição de energia, quais as maiores fontes de consumo e em quais será mais interessante incidir o estudo de implementação de medidas de Eficiência Energética. Desde logo, poder-se-á ter em consideração medidas como a substituição da maior parte da iluminação atual existente no edifício por tecnologia LED que foi de imediato identificada através de visitas às instalações.

Perspetivando um futuro, não muito distante, onde os novos edifícios deverão ser extremamente eficientes e ter um balanço de energia próximo de zero (*nZEB*), será interessante avaliar em que medida o Tec Labs se poderá aproximar desta tendência futura através dessa mesma implementação de conjunto de medidas de Eficiência Energética. Adicionalmente, o edifício Tec Labs será igualmente alvo de estudo da integração de um sistema de energia fotovoltaica na sua cobertura.

## 1.2. Objetivos

O presente trabalho de dissertação tem como principal objetivo o estudo de um conjunto de medidas que visem a melhoria da Eficiência Energética no edifício Tec Labs, situado junto à Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, e o impacto da sua implementação.

Ao longo do trabalho e de acordo com as suas diferentes fases os objetivos seguem a seguinte ordem cronológica:

1. Avaliação do desempenho energético do edifício alvo de estudo;
2. Recolha de informação dos consumos energéticos e respetiva utilização dos espaços e equipamentos;
3. Avaliação do consumo energético desagregado;
4. Análise tecno-económica de medidas de Eficiência Energética.

Assim, e de maneira a serem atingidos os objetivos anteriormente enumerados, será necessário elaborar uma metodologia, descrita no Capítulo 4, que prevê:

- Realização da recolha de toda a informação necessária, nomeadamente a referente às características dos equipamentos existentes com consumo energético associado, bem como os seus perfis de utilização;
- Levantamento do conjunto de faturas de eletricidade de um período referente a um ano;
- Apresentação de um leque de soluções de otimização de melhoria da Eficiência Energética a aplicar no edifício, em vista a uma redução do consumo final de energia elétrica, bem como a implementação de um sistema de produção de energia renovável, mais precisamente um sistema de painéis fotovoltaicos a instalar na cobertura do edifício;
- Estudo da relação entre os custos da implementação e manutenção das medidas de Eficiência Energética e os benefícios inerentes à diminuição dos encargos energéticos.
- Análise do método atual de arrendamento dos espaços ocupados pelas empresas incubadas do edifício e proposta de um método alternativo tendo por base o respetivo consumo elétrico individual.

## 1.3. Estrutura da dissertação

O presente documento encontra-se dividido em sete capítulos estruturados da seguinte maneira:

**Capítulo 1-** Enquadramento da temática em estudo e definição dos objetivos.

**Capítulo 2** – Revisão de literatura acerca do estado de arte de principais legislações no setor dos edifícios, no que respeita à redução do consumo de energia e de planos de estratégia nacional. É também realizada uma breve descrição do estado de arte da tecnologia LED, assim como das principais características dos sistemas solares fotovoltaicos.

**Capítulo 3** – Caracterização do caso de estudo, onde é feita uma descrição da ocupação e respetiva utilização dos espaços, bem como dos sistemas de climatização, iluminação e tipo de equipamentos presentes no edifício em estudo.

**Capítulo 4** – Descrição da metodologia utilizada para o estudo do desempenho energético do edifício, com a apresentação da desagregação de consumos para cada setor analisado.

**Capítulo 5** – Apresentação das medidas de Eficiência Energética viáveis e respetivos cálculos, bem como o estudo de implementação de um sistema solar fotovoltaico e síntese de resultados.

**Capítulo 6** – Estudo de uma proposta de revisão do método de arredamento atual do edifício Tec Labs que assenta na consciencialização dos ocupantes de cada espaço arrendado do edifício.

**Capítulo 7** – Análise das conclusões mais relevantes da presente dissertação.



## 2. Estado de arte

O crescimento acentuado da população provoca uma dependência e procura crescente de energia potenciando uma má gestão da mesma e o agravamento das alterações climáticas.

Os recursos energéticos são a base de sustentação de um estilo de vida minimamente confortável. Assim sendo, é imprescindível questionarmo-nos acerca do que será possível fazer para se poupar energia, mudar o modelo energético atual e aumentar a Eficiência Energética. Isto para que seja possível contornar questões como a extinção das energias não renováveis e a degradação do meio ambiente, que irá influenciar negativamente a qualidade de vida do ser humano.

Devido à inexistência de produção nacional de fontes de energia de origem fóssil, como o petróleo e o gás natural, Portugal apresenta uma elevada dependência energética em cerca de 80%, que corresponde a uma grande parcela do *mix* de consumo de energia. Dada esta dependência, a aposta tanto na Eficiência Energética como nas Energias Renováveis tem sido promissora, sendo que nos últimos anos a dependência energética de Portugal tem atingido níveis inferiores a 80%, tal como se pode verificar a partir da Figura 2.1 [3].

Ainda nesta figura, é possível observar-se a existência de um aumento de 5,9% da dependência energética no ano de 2015, face ao ano anterior. Este aumento é o resultado do decréscimo da produção de eletricidade de origem renovável, com principal incidência na energia hídrica e eólica, o que conduziu a um aumento do consumo de carvão e gás natural e, conseqüentemente, ao aumento das importações.

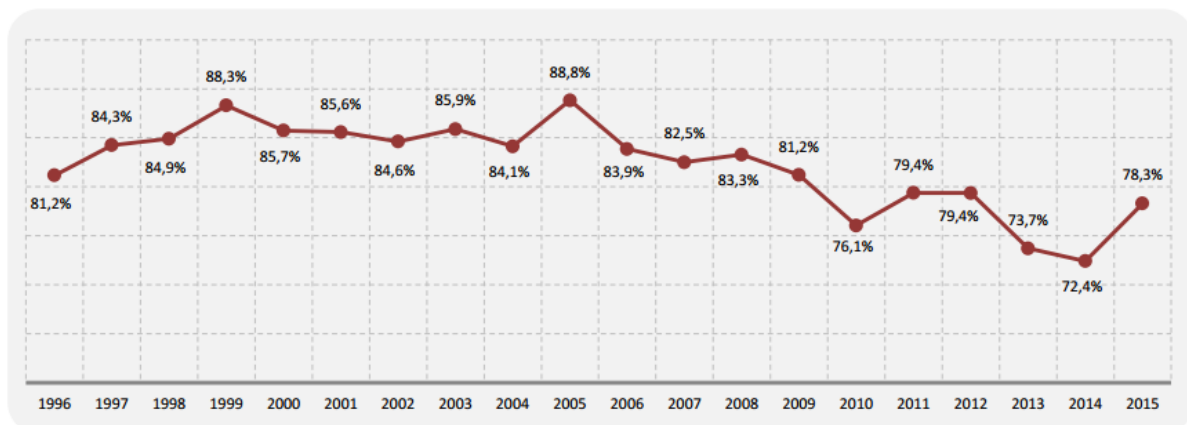


Figura 2.1 - Evolução da Dependência Energética de Portugal [%]. [3]

É a necessidade de reduzir o consumo energético à escala global que dita a necessidade de cada país em desenvolver políticas energéticas capazes de cumprir metas, que na sua maioria lhes são impostas.

A Eficiência Energética traduz a otimização do consumo de energia através de uma utilização mais racional, sem que o estilo de vida e conforto sejam afetados negativamente, não sendo de excluir a sensibilização para o comportamento responsável das pessoas.

Desde a fase de produção até ao consumidor final, verifica-se desperdício de energia pelo que se há de ter em conta medidas e estratégias tecnológicas ao longo de todo o processo de transformação, acompanhando todo o seu processo de produção e distribuição [4].

Uma quota significativa de consumo final de energia é, atualmente, da responsabilidade dos edifícios, chegando o seu consumo a atingir os 40% na UE, sendo causadores de 36% das emissões de CO<sub>2</sub> [5]. Este elevado valor vai de encontro a um maior período de tempo de ocupação no interior dos edifícios, bem como a procura de melhores condições de conforto térmico.

É interessante perceber através da Figura 2.2, como está distribuído o consumo de energia final, em Portugal, a nível setorial. Através da mesma, verifica-se que o setor dos transportes continua a ser o setor com maior consumo de energia, seguido do setor Industrial, Edifícios e Agricultura e Pescas. Em comparação com o ano de 2005 (gráfico à esquerda) verifica-se que não se registaram alterações significativas face ao *mix* de consumo mais atual.

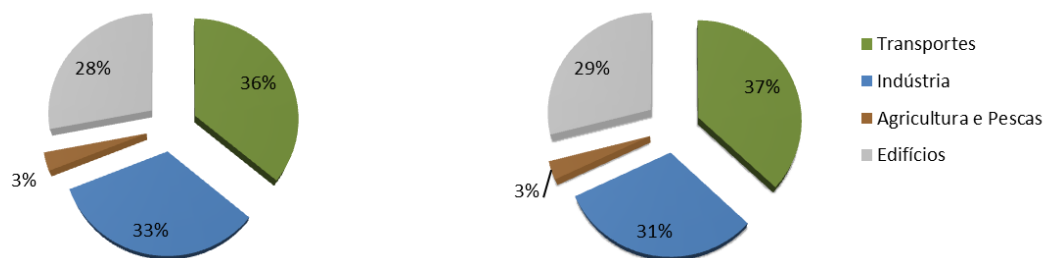


Figura 2.2 - Consumo total de energia final em Portugal por setor de atividade em 2005 e 2015 [%]. [3] Adaptado (DGEG 2015).

Atualmente, a Eficiência Energética em edifícios desempenha um papel cada vez mais decisivo, existindo por isso diversas medidas destinadas a fazer face a estes valores, as quais se baseiam em critérios que estabelecem que a redução do consumo de energia não pode afetar o nível de conforto. Alguns exemplos de medidas de Eficiência Energética passam pela redução do uso de energia para efeito de iluminação, diminuição do consumo de eletricidade de equipamentos de escritório e eletrodomésticos e sistemas mais eficientes de climatização.

Adicionalmente, os consumos de energia em edifícios e os custos de operação e de manutenção, são influenciados pelo correto dimensionamento e pela adequada especificação dos sistemas energéticos, tirando o máximo partido do desempenho passivo do edifício.

De maneira a que haja um controlo sobre os valores elevados de consumo energético e de emissões de CO<sub>2</sub>, são criadas várias diretivas e regulamentos, alvo de posteriores reformulações, que impõem um comportamento energeticamente mais sustentável aos diversos Estados-Membros da UE. No caso de Portugal, de modo a ser assegurada e promovida a melhoria do desempenho energético dos edifícios, existe o SCE que integra o REH e o RECS.

No sentido de incentivar Portugal a aumentar a Eficiência Energética e a utilização das Energias Renováveis para autoconsumo nas empresas, a Comissão Europeia juntamente com Portugal adotaram um acordo de parceria denominado de Portugal 2020, a fim de promover programas com sistemas de incentivo. O principal objetivo destes apoios passa pela implementação de ações que visem a promoção da Eficiência Energética entre as empresas para que haja um consequente aumento de competitividade da economia através da redução da fatura energética [6].

As entidades que beneficiam deste tipo de incentivos são as instituições particulares de solidariedade social, empresas de qualquer dimensão e setor de atividade, as ESE e as entidades gestoras de instrumentos financeiros para a promoção de Eficiência Energética nas empresas [6].

No entanto, apesar da existência deste tipo de incentivos para as empresas, continuam a persistir algumas limitações quanto ao investimento em projetos de Eficiência Energética, nomeadamente a falta de cultura organizacional direcionada para a gestão da energia, a falta de conhecimento das tecnologias de gestão de energia disponíveis no mercado e a legislação [7].

Como principais legislações, no setor dos edifícios, no que respeita à redução do consumo de energia existem a diretiva de Eficiência Energética de 2012 e a diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios de 2010.

## **2.1. Diretiva de Eficiência Energética**

No âmbito da Eficiência Energética existem diretivas do Parlamento Europeu e do Conselho da UE de forma a combaterem o aumento da dependência das importações de energia, da escassez de recursos energéticos e da necessidade de limitar as alterações climáticas, bem como de formas de ultrapassar a situação económica ainda algo conturbada.

Deste modo, a Eficiência Energética torna-se um instrumento eficaz para contribuir na superação de todos estes desafios, permitindo ainda aumentar a segurança do aprovisionamento energético da UE através da redução do consumo de energia primária, diminuição das importações de energia e redução das emissões de gases com efeito de estufa. Do ponto de vista energético, a evolução para uma economia mais eficiente deverá estimular a propagação de soluções inovadoras a nível tecnológico e reforçar estratégias de competitividade da indústria da UE, incentivando tanto o crescimento económico como a criação de postos de trabalho em diferentes setores ligados à Eficiência Energética [8].

Com o horizonte 2020 muito presente, o Conselho Europeu exprime a necessidade do aumento da Eficiência Energética na UE a fim de ser cumprida a meta de economizar o consumo de energia primária em 20% até 2020 [8]. Para tal, os Estados-Membros deverão cumprir o seu papel a nível nacional definindo os seus objetivos e como pretendem alcançá-los.

## **2.2. Diretiva de Desempenho Energético dos Edifícios**

A presente diretiva visa o desempenho energético de edifícios e a necessidade do seu cálculo através de uma metodologia que poderá diferir a nível nacional e regional. Esta metodologia, para além das características térmicas como é o isolamento, abrange também outros fatores como instalações de aquecimento e ar condicionado, utilização de fontes de energia renovável, sistemas de aquecimento/arrefecimento passivo, sombreamentos, qualidade do ar interior, luz natural adequada e, por fim, a própria construção dos edifícios. A metodologia para o cálculo do desempenho energético deverá atender às normas europeias em vigor, de modo a que sejam cumpridos os requisitos mínimos para os edifícios novos e existentes de grande dimensão e reforçar requisitos de Desempenho Energético como a certificação energética [9].

Consequentemente, as medidas propostas para melhorar o desempenho energético dos edifícios deverão ter em consideração, não só as condições climáticas e locais como também, o ambiente interior e a rentabilidade económica, sem interferir com outros requisitos dos edifícios como a utilização prevista do mesmo ou a sua acessibilidade [9].

## 2.3. Estratégia nacional - PNAEE 2016 e o PNAER 2020

O Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética (PNAEE) e o Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis (PNAER) são ferramentas de planeamento energético que integram um leque de medidas de melhoria da Eficiência Energética, bem como uma trajetória de introdução de fontes de energia renovável, de modo a serem alcançadas as metas e os compromissos internacionais assumidos por Portugal.

Para além da densificação das metas a atingir, ambos os planos referidos identificam ainda as barreiras existentes, bem como o potencial de melhoria em matéria de Eficiência Energética e de incorporação de energia proveniente de fontes renováveis nos vários setores de atividade, com vista ao estabelecimento dos programas e medidas mais adequadas ao cumprimento dos referidos compromissos, tendo por base a realidade nacional.

### 2.3.1. PNAEE 2016

O PNAEE 2016 é abrangido por seis áreas específicas, nomeadamente: os Transportes, Residencial e Serviços, Indústria, Estado, Comportamentos e Agricultura [10].

A definição de uma nova estratégia para a Eficiência Energética tem como finalidade torná-la numa prioridade da política energética, atendendo por um lado que Portugal, até ao momento, não possui recursos fósseis endógenos, nem um volume considerável de compra de energia primária para influenciar preços no mercado e que, por outro lado, os progressos na Eficiência Energética promovem a proteção ambiental e a segurança energética com uma relação positiva de custo-benefício [10].

Assim neste contexto, o PNAEE 2016 é executado por meio de:

- Medidas regulatórias com, por exemplo, imposição de penalizações sobre equipamentos ineficientes, requisitos mínimos de classe de desempenho energético, obrigatoriedade de etiquetagem energética e realização de auditorias energéticas;
- Mecanismos de diferenciação fiscal;
- Apoios financeiros provenientes de fundos que disponibilizem verbas para programas de Eficiência Energética como o Fundo de Eficiência Energética (FEE), o Plano de promoção da Eficiência no consumo de energia elétrica (PPEC), o Fundo Português de Carbono (FPC) e o Portugal 2020.

Relativamente à área Residencial e Serviços o PNAEE 2016 integra três grandes programas de eficiência energética nomeadamente: o *Programa Renove Casa & Escritório*, onde são definidas diversas medidas relacionadas com eficiência energética na iluminação, eletrodomésticos, eletrónica de consumo e reabilitação de espaços; *Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios*, que agrupa as medidas que resultam do processo de certificação energética nos edifícios, num programa que inclui várias medidas de eficiência energética nos edifícios, particularmente isolamentos, melhoria de vãos envidraçados e sistemas energéticos e por fim o *Programa Renováveis na Hora*, que é orientado para o aumento da penetração de energias endógenas nos sectores residencial e serviços [11].

No *Programa Renove a Casa & Escritório*, as medidas existentes passam pela substituição do parque de equipamentos ineficientes, pelo desincentivo à aquisição de novos equipamentos ineficientes, por medidas de remodelação e pela renovação de equipamento de escritório. Quanto ao programa *Sistema de Eficiência Energética nos Edifícios*, mais especificamente ao setor de serviços, as medidas passam por alcançar nos novos edifícios quotas mínimas por classes eficientes, pelo aumento da penetração de

sistemas de cogeração e implementação de solar térmico e de microprodução em escolas. Finalmente, e referente ao *Programa Renováveis na Hora* tem-se medidas como incentivos para a micro-produção (fotovoltaico, eólico, hídrico, biomassa, entre outras) e campanhas de promoção do solar térmico como o *Programa Renove - Solar Térmico* [11].

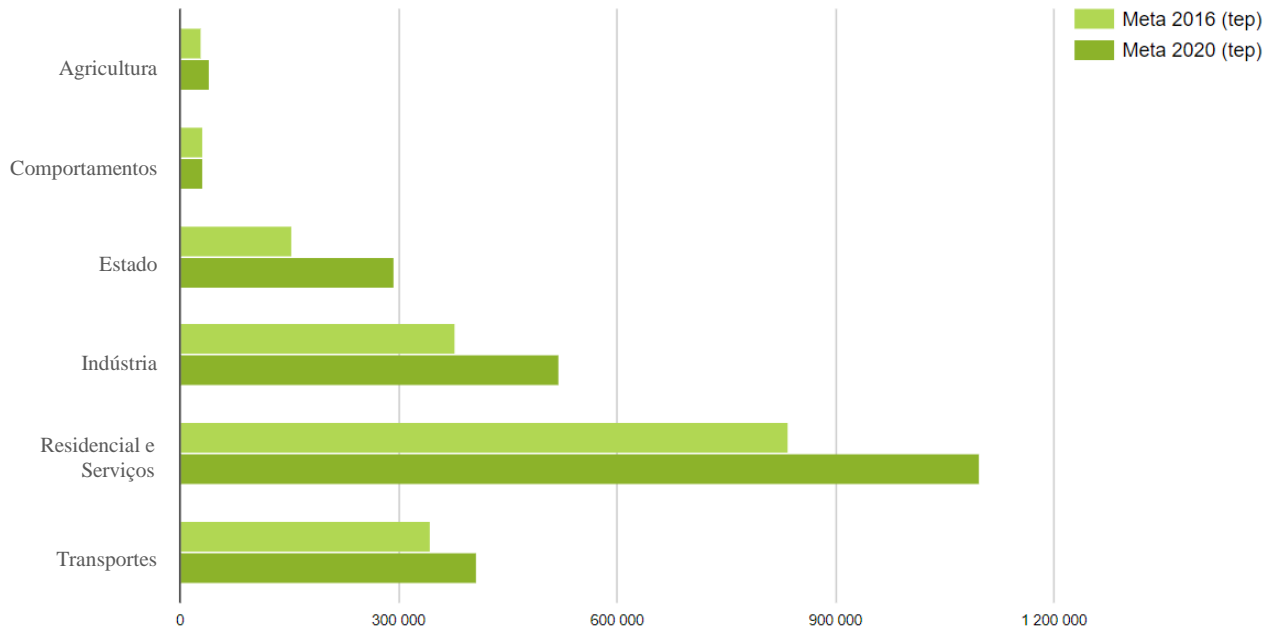


Figura 2.3 – Síntese global dos impactos do PNAEE 2016. Fonte: PNAEE 2016.

Assim, pela Figura 2.3 consegue-se perceber como é que as economias energéticas encontram-se repartidas pelos diversos setores presentes no PNAEE 2016, sendo que os maiores contributos para a poupança energética provêm do setor Residencial e Serviços, seguido pela Indústria e pelos Transportes.

É ainda de salientar que a meta de poupança para 2020 no setor Residencial e Serviços resulta em 1 098 072 Tep.

### 2.3.2. PNAER 2020

O PNAER 2020 prevê uma redução em cerca de 18% na capacidade instalada em tecnologias baseadas em FER face a 2010, com uma quota de eletricidade de base renovável superior (60% versus 55%) e a meta global a alcançar a situar-se, em cerca de 35% em contraste com o valor anterior de 31% [12].

Estas novas linhas gerais têm como fundamento a premissa de que Portugal deve ser um país competitivo, isto é, um país considerado energeticamente eficiente e independente. Deste modo, o PNAER 2020 estabelece a introdução das FER em três grandes sectores: climatização, eletricidade e transportes.

## 2.4. Medidas de Eficiência Energética

Algumas medidas de Eficiência Energética, como algo tão simples quanto apagar a luz de um espaço desocupado, são de senso comum. No entanto, existe um outro conjunto de medidas que advêm da evolução tecnológica. Neste subcapítulo serão abordadas medidas de modo a perceber-se como é que a utilização da energia de uma maneira mais eficiente e racional poderá contribuir para uma maior eficiência global de energia.

### 2.4.1. Tecnologia LED e utilização de detetores de presença

A necessidade de iluminação, seja em edifícios de comércio e serviços ou em residências, é recorrente, sendo imperativo racionalizar o consumo de energia associado.

É importante estudar-se caso a caso as necessidades de iluminação de cada espaço, uma vez que nem todos estes carecem da mesma luminosidade ou do mesmo período de utilização.

Atualmente existem diferentes tipos de lâmpadas no mercado entre as quais: lâmpadas de halogéneo, lâmpadas fluorescentes tubulares, lâmpadas fluorescentes compactas e lâmpadas LED. Apesar de ainda se poder ver em alguns edifícios, a venda de algumas lâmpadas incandescentes no mercado foi proibida, à exceção de formatos e aplicações especiais. Este tipo de lâmpadas são as que apresentam um maior consumo de eletricidade, uma menor duração, cerca de 1000h, e um menor custo de aquisição associado [13].

É de notar ainda que as lâmpadas convencionais incandescentes apenas aproveitam para iluminação cerca de 5% de energia elétrica que consomem, sendo os restantes 95% transformados em calor, sem aplicação luminosa. Assim, uma medida de Eficiência Energética a ser proposta passa pela substituição da iluminação atual, sempre que for satisfatório, para uma mais eficiente, nomeadamente a tecnologia LED [13].

A principal vantagem da iluminação LED passa pela obtenção dos mesmos níveis de fluxo luminoso com uma potência elétrica consideravelmente mais baixa. O fato do LED ser construído a partir de material semicondutor faz com que tecnologia, quando comparada com outras convencionais, apresente diversas vantagens, nomeadamente, a robustez, tempo de vida útil e fiabilidade de funcionamento, tanto em função da temperatura como em função do tempo de vida do equipamento. Esta tecnologia é ainda ecologicamente viável, uma vez que não utiliza componentes tóxicos e gases nocivos ao ambiente na sua composição, como vapor de mercúrio, de sódio, halogéneo ou iodetos metálicos [13].

Ainda na iluminação e de modo a alcançar-se uma maior poupança energética é importante a utilização de sistemas temporizados ou detetores de presença, nomeadamente em zonas comuns, sendo exemplo, no caso de edifícios de comércio e serviços, as zonas de passagem e instalações sanitárias, de modo a que as luzes se acendam e apaguem automaticamente.

## 2.4.2. Sistemas Solares Fotovoltaicos – *On-grid e Off-grid*

Uma das fontes de energia alternativa aos combustíveis fósseis é a energia solar. A energia produzida a partir do sistema de energia solar fotovoltaico pode ser utilizada no abastecimento da rede ou utilizada em menor escala para autoconsumo.

Na atualidade, existem dois tipos de instalação de sistemas PV: o sistema *on-grid* e *off-grid*. O sistema *on-grid* necessita de estar conectado à rede de distribuição de energia elétrica, são mais eficientes que os sistemas *off-grid* e dispensa de utilização de baterias e de controladores de carga, o que faz desta uma opção economicamente mais viável. Neste tipo de sistemas, *on-grid*, a energia que é produzida em corrente contínua (CC) é convertida em corrente alternada (CA) através de um inversor, sendo esta de seguida utilizada por uma certa carga no local de produção ou injetada na rede elétrica de serviço público (RESP) [14].

Relativamente ao sistema *off-grid*, este é habitualmente utilizado em zonas muito remotas, que se encontram isoladas do aprovisionamento de energia elétrica, sendo por isso a solução mais prática e económica para se obter eletricidade nestes locais. Estes sistemas de geração de energia solar fotovoltaica, de uma maneira simplificada, são constituídos pelos seguintes componentes: painéis solares, controlares de carga, inversores e baterias. Este último componente é fundamental num sistema deste tipo, uma vez que são as baterias que asseguram o armazenamento da energia produzida, de modo a garantirem a segurança do abastecimento em períodos noturnos ou dias de alguma nebulosidade [14].



### 3. Descrição do caso de estudo

#### 3.1. Tec Labs – Centro de Inovação de Ciências da ULisboa

Por iniciativa da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa (FCUL) e com o apoio do PEDIP II – Programa Específico de Desenvolvimento da Indústria Portuguesa, surgiu em 1989 o ICAT - Instituto de Ciência Aplicada e Tecnologia. Em 2005, passados 27 anos, o ICAT constitui-se como incubadora da FCUL.

Em 2012, o ICAT abraça o desafio de dinamizar a instituição e as empresas por si acolhidas com o objetivo de lhe conferir uma projeção tanto nacional como internacional permitindo impulsionar as atividades aí desenvolvidas. Assim, nasce no mesmo ano a marca ‘Tec Labs – Centro de Inovação’ com quatro princípios fundamentais: solidez, inovação, colaboração e evolução.

O Tec Labs procura um constante envolvimento por parte de alunos, professores e investigadores na área das ciências sendo caracterizado como o polo agregador de todas as iniciativas relacionadas com a transferência de conhecimento e empreendedorismo.

Atualmente, o Tec Labs incuba 32 empresas sendo que cada uma destas ocupa 1 ou mais espaços e a tipologia deste pode passar por escritório e/ou laboratório, reunindo o edifício uma área total distribuída por 4 pisos, de cerca 2000 m<sup>2</sup>. O edifício em estudo é considerado um grande edifício de comércio e serviços (GES), uma vez que a sua área interior útil de pavimento, sem contar com os espaços complementares, é superior a 1000 m<sup>2</sup> para efeitos do SCE [15].



Figura 3.1 - Edifício Tec Labs.

Relativamente à envolvente térmica deste edifício, mais precisamente aos vãos envidraçados, é de salientar que as suas características irão influenciar tanto a condução térmica, a proteção solar, a ventilação natural e a iluminação natural. Estes são pontos cruciais tanto para o desempenho energético dos edifícios quer para o conforto térmico dos mesmos. No período de verão, o objetivo passa por reduzir os ganhos térmicos e ventilar, para assim evitar o sobreaquecimento no interior do edifício. Em contrapartida, no período de inverno importa favorecer o aquecimento solar e evitar as perdas de calor através dos vidros e caixilhos. No edifício em estudo verifica-se que a maioria das janelas é constituída por vidro duplo, o que revela uma preocupação já existente com esta temática [16].

### 3.2. Ocupação e respetiva utilização dos espaços

Durante o período analisado, o conjunto dos 4 pisos do edifício caracterizou-se pela seguinte distribuição:

- Piso -1: 25 espaços, tendo estado ocupados 18 deles divididos em escritórios, laboratórios, instalações sanitárias e arrumos.
- Piso 0: 28 espaços, tendo estado ocupados 26 deles divididos em receção, escritórios, laboratórios e instalações sanitárias.
- Piso 1: 30 espaços, tendo estado ocupados 28 deles divididos em escritórios, laboratórios, instalações sanitárias e auditório.
- Piso 2: 10 espaços, tendo estado ocupados 3 deles divididos em escritórios.

Relativamente à ocupação, é estimada uma média diária de, aproximadamente, 100 ocupantes e um horário de trabalhos das 9h/10h às 18h/19h. Considera-se ainda espaços de laboratório cujo funcionamento dos equipamentos excedem o tempo médio de horário de trabalhos.

O edifício em estudo é constituído por diversas empresas com diferentes consumos energéticos de acordo com a sua área de atividade, no qual se encontram espaços de escritório e laboratórios sendo ainda de considerar os espaços comuns, como corredores e instalações sanitárias.

### 3.3. Sistemas de climatização

No edifício Tec Labs a climatização é realizada a partir de unidades de ar condicionado do tipo *split*, distribuídas pelo total de pisos do edifício com maior incidência nos laboratórios.

Além destes, acrescentam-se unidades portáteis de condicionamento do ar como aquecedores e ventoinhas.

O consumo de energia elétrica do sistema de climatização é estimado em cerca de 24,90 MWh/ano (6,75 % do total consumido).



Figura 3.2 - Exemplo de unidades de condicionamento do ar presentes no edifício.

### 3.4. Iluminação

No edifício em estudo, identificou-se diferentes tipos de iluminação, nomeadamente: fluorescentes tubulares T8, lâmpadas compacta fluorescentes, halogénio, LED e vapor de mercúrio de alta pressão, sendo estas últimas utilizadas para iluminação exterior.

O funcionamento do sistema de iluminação é feito exclusivamente por parte dos utilizadores dos espaços, não existindo qualquer tipo de sensores e/ou controlo automático.

O consumo de energia elétrica do sistema de iluminação é estimado em cerca de 39,97 MWh/ano (10,83% do total consumido).

Tabela 3.1 - Sumário da distribuição do tipo de iluminação e respetiva quantidade e potência associada por piso do Tec Labs.

Iluminação		Piso -1	Piso 0	Piso 1	Piso 2	Total
<b>Fluorescente tubular</b>	N.º Total	238	258	183	21	700
	Potência Total (W)	8 568	8 928	5 364	756	22 896
<b>Fluorescente compacta</b>	N.º Total	15	14	72	38	139
	Potência Total (W)	218	201	1 635	536	2 557
<b>Halogénio</b>	N.º Total	0	1	0	0	1
	Potência Total (W)	0	42	0	0	42
<b>LED</b>	N.º Total	12	2	0	4	18
	Potência Total (W)	192	32	0	20	244
<b>Vapor de Mercúrio</b>	N.º Total	0	0	0	7	7
	Potência Total (W)	0	0	0	2800	2 800
<b>Total</b>	N.º Total	265	275	255	70	865
	Potência Total (kW)	8,978	8,450	6,999	4,112	29,3

Na tabela 3.1 é possível observar-se como está distribuída a potência instalada de iluminação por tipo de lâmpada em cada um dos pisos do Tec Labs.

Neste, verifica-se ainda que a tipologia de lâmpada que mais contribui para um maior consumo de eletricidade do edifício são as fluorescentes tubulares T8.



Figura 3.3 - Exemplo do tipo de iluminação fluorescente tubular T8, compacta fluorescente e vapor de mercúrio de alta pressão, respetivamente, nas instalações.

### 3.5. Equipamentos

Para o estudo, foi também fundamental realizar a análise dos equipamentos, tanto de escritório como de laboratório e os 'outros'. Para equipamentos de escritório consideram-se multifunções, computadores portáteis e de secretária e tudo o que seja auxiliar à empresa como micro-ondas e mini frigoríficos. Para equipamentos de laboratório consideram-se diversos elementos como arcas e estufas de incubação. Relativamente à categoria 'outros' consideram-se equipamentos presentes nas instalações sanitárias como secadores de mão e equipamentos em zonas de circulação como máquinas de venda automática.

O consumo de eletricidade em equipamentos elétricos é estimado em cerca de 304,08 MWh/ano (82,42 % do total consumido).



Figura 3.4 – Exemplo do tipo de equipamentos existentes nas instalações.

## 4. Metodologia

De forma a recomendar-se medidas de Eficiência Energética para o edifício, foi necessário em primeiro lugar efetuar uma análise ao consumo energético, neste caso de eletricidade, do Tec Labs. Para isso, foi feita uma desagregação de consumos para uma compreensão mais detalhada do uso de eletricidade.

### 4.1. Análise do consumo de energia

É importante salientar antes de mais que a abordagem a esta dissertação passará somente pela análise energética e não pela análise térmica do edifício.

O tema da transmissão de calor por condução através da envolvente dos edifícios relacionado com perdas de calor através dos elementos construtivos da envolvente, no período de inverno, bem como por ganhos de calor indesejáveis através dos mesmos elementos, no período de verão, resulta em alterações do comportamento térmico dos edifícios. No entanto, no que diz respeito à componente característica do edifício, mais precisamente à envolvente do mesmo, é de referir que esta não será alvo de estudo. Como tal, os elevados consumos energéticos que ocorrem no seu interior serão o principal alvo de estudo da presente dissertação.

A primeira fase deste estudo consistiu no levantamento detalhado de toda a informação inerente ao edifício Tec Labs. Os elementos recolhidos correspondem a:

- Faturas de eletricidade relativas ao período de um ano, compreendido entre Abril 2016 e Março 2017;
- Levantamento e caracterização de todas as unidades com consumo de energia associado tais como: sistemas de climatização, de iluminação, de escritório e equipamentos de laboratório.
- Perfis de utilização e ocupação com o objetivo de ser estimado, através de uma simulação, os consumos energéticos dos equipamentos existentes.

Através da aquisição e tratamento dos elementos anteriormente enumerados foi possível obter o gráfico presente na Figura 4.1, onde se pode comparar o total de consumo de energia elétrica faturado com o total de consumo de energia elétrica simulado, para cada um dos meses do período em análise.

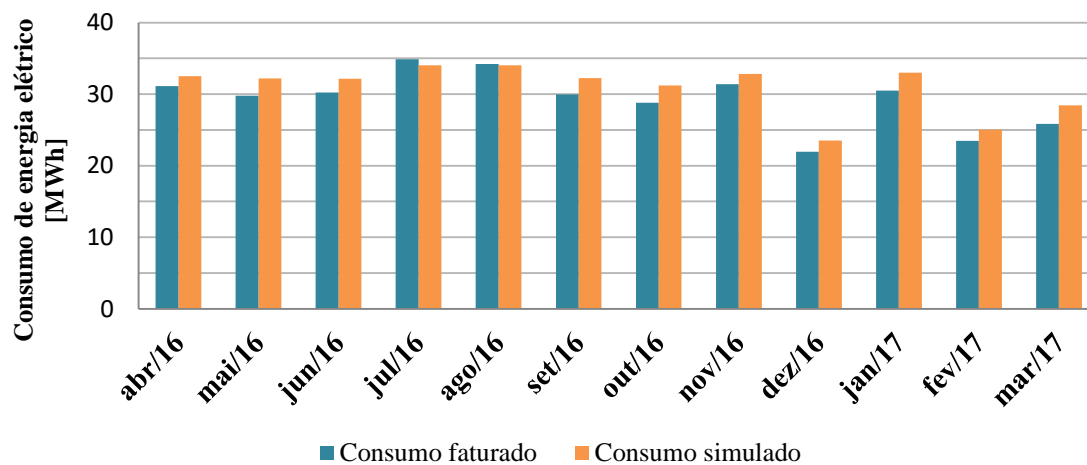


Figura 4.1 - Comparação dos consumos adquiridos por faturação com os obtidos por simulação para o período em análise.

Com base na Figura 4.1, e tendo em conta uma margem de erro mensal calculada nunca superior a 10%, considera-se que a calibração do consumo elétrico simulado está devidamente aproximada sendo

por isso aceitável de se considerar. Além disso, estimou-se um erro de, aproximadamente, 6,3% entre o consumo total anual faturado (349,1 MWh) e o consumo total anual simulado (371,1MWh), reforçando a razoabilidade da simulação realizada.

Pela análise da figura, é possível constatar que no ano de 2016, o consumo tende a ser concordante de abril a junho e de setembro a novembro. No entanto, para o mês de julho e agosto verificou-se um aumento do consumo de eletricidade, que se deveu sobretudo ao aumento de utilização de sistemas de condicionamento do ar para efeitos de arrefecimento.

No que respeita o mês de dezembro, um mês atípico da série de consumos anual, observa-se que o consumo de eletricidade diminui consideravelmente. A justificação destes valores poderá passar por este ser um mês onde os espaços, tanto de escritório como de laboratório, do Tec Labs acabam por ter uma utilização mais reduzida, devido a um maior período de férias por parte dos funcionários das empresas incubadas, segundo os próprios.

Analogamente, no período em análise do ano de 2017 verificou-se uma conformidade com o último valor de consumo típico do ano anterior, o mês de novembro, sendo que nos meses de fevereiro e março existe uma diminuição expressiva do consumo de eletricidade. Este dado refletiu a saída de empresas que até à data estavam incubadas no Tec Labs.

É de salientar, que durante o período em análise, existiu uma pequena variação de empresas que deram entrada/saída do edifício Tec Labs, que foi tida em conta nos cálculos e que se manifestou nos resultados.

#### **4.1.1. Desagregação de consumo energético**

Com base na informação anteriormente indicada, e recorrendo a folhas de cálculo do *Microsoft Excel*, foi possível fazer uma desagregação de consumos.

Os elementos recolhidos são considerados para um cenário de referência simulado, os quais foram comparados com os consumos indicados nas faturas de energia fornecidas.

Para que fosse alcançada a menor diferença entre os resultados obtidos pela simulação dos dados recolhidos e das faturas de eletricidade foi necessário fazer variar, por exemplo, os perfis de utilização ou o ciclo de funcionamento dos sistemas energéticos através de uma calibração. Esta calibração foi, essencialmente, realizada através da informação disponibilizada pelos ocupantes do edifício.

Finda a aquisição de todos os dados necessários, foi possível realizar a desagregação de consumo energético do edifício e assim perceber de que modo está distribuído os consumos e de que maneira se pode atuar e propor medidas de eficiência energética com o objetivo final de ser realizada uma poupança eficiente de energia no futuro.

Assim, é apresentada de seguida uma desagregação dos consumos de eletricidade, em unidade percentual, do Tec Labs:

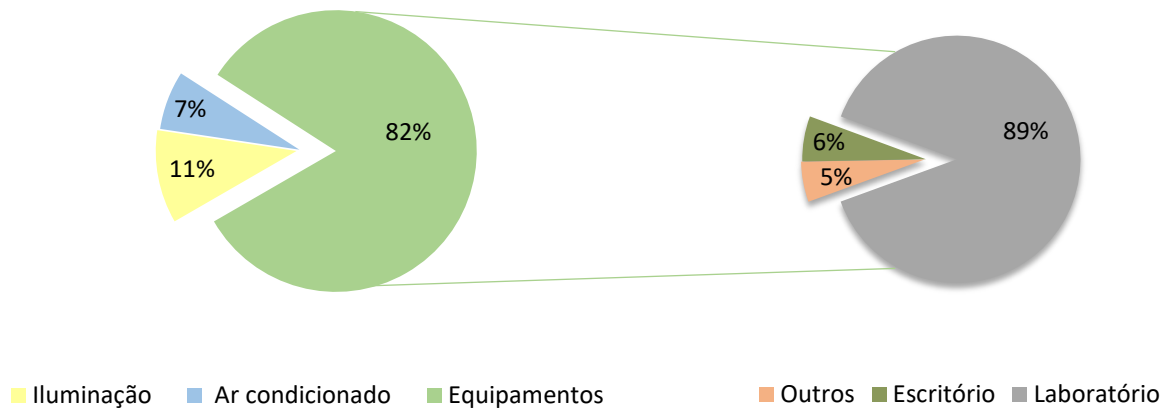


Figura 4.2 - Desagregação do consumo de energia elétrica por tipo de utilização.

Através da figura anteriormente apresentada é possível obter algumas conclusões quanto aos elementos do edifício que mais contribuem a nível de consumo elétrico na faturação.

Pelo primeiro gráfico circular verifica-se que a maior fatia de consumo elétrico é representada pelos equipamentos, sendo seguida pela iluminação e, por fim, pelos sistemas de ar condicionado.

Por sua vez, no segundo gráfico circular é possível averiguar-se como está repartida a parcela representativa dos equipamentos. Neste último, verifica-se que os equipamentos de laboratório são, por larga margem, os maiores consumidores de eletricidade, com 89%. Logo após estes seguem-se os equipamentos de escritório com 6%, como é o caso de computadores portáteis e impressoras, que são equipamentos tipicamente com potências elétricas muito reduzidas comparativamente com os anteriores. Ainda neste gráfico, existe também uma fatia de consumo elétrico muito reduzido, denominada de ‘Outros’ que representa os equipamentos de instalações sanitárias, como secadores de mão, e equipamentos presentes em zonas de circulação, como máquinas de café e de *snacks*, correspondendo a 6% do total de consumo dos equipamentos.

No contexto do edifício em estudo, verifica-se que os valores estão de acordo com o esperado, uma vez que o número de equipamentos de laboratório, bem como as suas potências, é bastante elevado e os seus tempos de funcionamento são consideravelmente superiores ao tempo médio diário que um ocupante encontra-se a trabalhar.

Como exemplo desses elevados consumos para os equipamentos de laboratório tem-se uma estufa de secagem grande, com uma potência de 2 880W, e um incubador com agitação refrigerado, com uma potência de 1 500W, a funcionarem cada um dos equipamentos durante 360 horas mensalmente, equivalente a 12 horas diárias.

Ainda aquando da desagregação de consumos, é possível estudar-se como é que os elementos do edifício que contribuem a nível de consumo de eletricidade, encontram-se distribuídos por cada piso do Tec Labs.

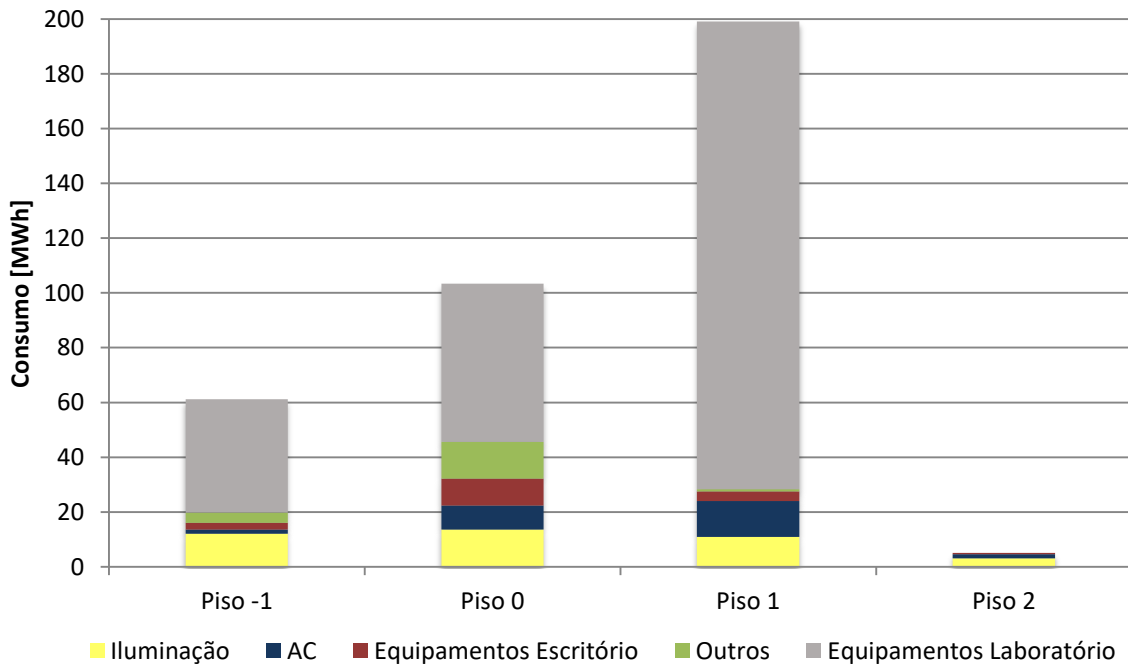


Figura 4.3 – Consumo anual de energia desagregado por sistema para cada piso do edifício em análise.

Pela análise da Figura 4.3, observa-se que é no piso 1 que ocorre um maior consumo de eletricidade por parte das empresas incubadas. Este piso tem o maior número de espaços ocupados, sendo que a maioria destes caracteriza-se por laboratórios com grandes consumos energéticos associados. O setor da iluminação assume também um certo relevo nesta desagregação, que está fortemente relacionada com a ocupação dos espaços por piso.



Figura 4.4- Exemplo de equipamentos de laboratório, como estufas, arcas e frigoríficos combinados.

## 5. Proposta de medidas de Eficiência Energética

Para o aumento da Eficiência Energética do edifício alvo de estudo foram sugeridas algumas medidas que visam contribuir para uma redução do consumo de eletricidade, bem como dos custos referentes à utilização da mesma.

### 5.1. Substituição de iluminação

Um dos sectores de energia com maior influência na ineficiência dos edifícios é a iluminação. Para contrariar este dado a primeira medida de Eficiência Energética vai de encontro à substituição de lâmpadas com respetivo período de retorno simples de investimento desta medida.

A iluminação dos espaços é essencial para criar condições propícias às atividades neles desenvolvidas, sendo que é necessário que esta seja o mais eficiente e confortável possível.

Por ser um consumo considerável de eletricidade nos edifícios, principalmente de serviços, a iluminação dos espaços tem vindo a ser uma das principais áreas de mudança no que respeita a aplicação de medidas de Eficiência Energética.

Atualmente, com a tecnologia LED é possível ter lâmpadas com uma potência elétrica bastante inferior e com um tempo de vida útil muito superior, chegando a durar 25 vezes mais do que lâmpadas de halogéneo ou incandescentes. Além disto, a tecnologia LED permite converter 80% da eletricidade consumida em luz, ao passo que estas duas tecnologias mais antigas referidas desperdiçavam essa mesma percentagem em calor, o que iria também afetar a climatização dos espaços [17].

Assim, procedeu-se inicialmente à contabilização do número de lâmpadas de cada tipo e respetiva potência atual e proposta de melhoria.

Tabela 5.1 - Quantidade de lâmpadas T8 e respetiva potência para a iluminação atual e proposta de iluminação LED.

Nº de unidades	Potência [W]	
	Atual T8	Proposta LED
108	18	8
572	36	16
20	58	24

Existem várias lâmpadas tubulares T8, sendo as com potência igual a 36W as lâmpadas com maior representação no edifício em estudo. Para se perceber como a substituição deste tipo de lâmpadas tubular T8 assume uma melhoria no consumo anual de energia elétrica, comparou-se a energia total consumida para o ano simulado deste tipo de iluminação com o consumo energético que passaria a existir com a proposta LED e obteve-se a seguinte tabela:

Tabela 5.2 - Energia anual consumida pela iluminação atual T8 e proposta LED com respetiva poupança anual.

Energia anual consumida [kWh]		Poupança anual [kWh]
Atual T8	Proposta LED	Poupança de energia
3 934,66	1 748,74	
27 164,74	12 073,22	18 653,76
2 347,84	971,52	

Através da análise da Tabela 5.2, constata-se uma poupança equivalente a 55,8% do consumo anual elétrico com a iluminação atual.

Os custos para efetuar esta mudança podem ser algo consideráveis, principalmente quando comparado com as tecnologias mais antigas e que ainda existem no mercado, no entanto irá resultar numa grande poupança na fatura energética do edifício. Através de dados anteriores e de informação catalogada de iluminação [18], realizou-se, por meio das equações descritas abaixo, uma análise económica da proposta LED com o objetivo de se perceber qual seria o seu período de retorno simples de investimento (PRS), frequentemente apelidado por *payback period*. Este período corresponde ao tempo decorrido entre o investimento inicial realizado e o momento no qual a poupança acumulada iguala o valor do investimento.

$$\text{Investimento total}(\text{€}) = \text{Preço unitário}(\text{€}) \times N^{\circ} \text{ de unidades} [1]$$

$$\text{Poupança}(\text{€}) = \text{Custo da energia} \left( \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \right) \times \text{Poupança de energia}(\text{kWh}) [2]$$

$$\text{PRS} = \frac{C}{P} [3]$$

A equação [3] encontra-se em conformidade com o despacho n.º 15793-L/2013 onde C representa a totalidade dos custos de investimento e P a poupança anual resultante da aplicação da medida em estudo [19].

Tabela 5.3 - Análise financeira da proposta de substituição de lâmpadas.

Potência LED [W]	Análise financeira		
	Preço unitário [€]	Investimento total [€]	PRS [anos]
8	8,99	970,92	
16	12,99	7 430,28	3,04
24	16,99	339,8	

Assim sendo, pela Tabela 5.3, conclui-se que a substituição das lâmpadas fluorescentes tubulares, existentes atualmente no Tec Labs, por lâmpadas equivalentes de tecnologia LED seria uma boa medida para melhorar a Eficiência Energética do mesmo. O período de retorno desta proposta ronda os 3 anos, isto é, seria necessários 3 anos para a poupança resultante da aplicação desta proposta

conseguir suportar os custos totais de investimento da mesma, o que é um período bastante satisfatório.

Por outro lado, existem também no edifício lâmpadas compactas fluorescentes, vulgarmente conhecidas como lâmpadas economizadoras, que são, já por si, mais eficientes que as tecnologias mais tradicionais sendo capazes de atingir poupanças entre 30 a 50% do consumo elétrico [20].

Tendo em conta que no mercado a lâmpada LED de potência mais reduzida corresponde a uma lâmpada CFL de 25W apenas foi feito o estudo para a substituição destas, até porque existem numa quantidade considerável que permitirá obter uma redução significativa. Para as restantes lâmpadas CFL de potência inferior a 25W não se justifica proceder à sua troca, uma vez que já têm um consumo energético eficiente e adequado aos espaços onde estão presentes. Por exemplo, se se substituísse uma CFL de 11W por uma LED de 3,5W iria haver maior luminosidade nesses espaços o que poderia levar a situações de desconforto sendo que para além disso o preço investido não faria sentido.

Em relação às lâmpadas de halogéneo, é contabilizada apenas uma lâmpada deste tipo em todo o edifício, num candeeiro, o que revela desde logo que existiu uma preocupação anterior em dar preferência a lâmpadas CFL. Como existe, igualmente, lâmpadas LED capazes de substituir esta tecnologia foi também proposta a sua troca.

Por último, tem-se as lâmpadas de vapor de mercúrio que existem somente no exterior das instalações tendo uma potência elétrica substancial, sendo a sua substituição por lâmpadas LED uma medida evidente.

Do mesmo modo que se procedeu anteriormente para as lâmpadas T8, contabilizou-se o número de lâmpadas de cada tipo e respetiva potência atual e proposta de melhoria.

Tabela 5.4 - Quantidade de lâmpadas CFL, Halogéneo e vapor de mercúrio e respetiva potência para a iluminação atual e proposta de iluminação LED.

	Potência [W]					
	Atual CFL	Proposta LED	Atual Halogéneo	Proposta LED	Atual Vapor de Mercúrio	Proposta LED
	25	3,5	42	8,5	400	100
Nº de unidades	56		1		6	

De seguida, para se perceber como a substituição deste tipo de lâmpadas assume uma melhoria no consumo anual de energia elétrica efetuou-se a mesma comparação feita anteriormente para as lâmpadas tubulares T8, e obteve-se a seguinte tabela:

Tabela 5.5 - Energia anual consumida pela iluminação atual e proposta LED com respetiva poupança anual.

Tipo de lâmpada	Energia anual consumida [kWh]		Poupança anual [kWh]
	Atual	Proposta LED	Poupança de energia
CFL	1 062,6	148,76	913,84
Halogéneo	85,01	17,20	67,80
Vapor de Mercúrio	3036	759	2 277,00

Através da análise da Tabela 5.5, constata-se uma poupança equivalente a 86,0%, 79,8% e 75,0% do consumo anual elétrico com a iluminação atual de CFL, Halogéneo e Vapor de Mercúrio, respetivamente, que se traduzem em consumos energéticos bastante inferiores aos atuais.

Finalmente, e recorrendo à mesma metodologia referida anteriormente, procedeu-se à análise económica da proposta LED com o seu período de retorno.

Tabela 5.6 - Análise financeira da proposta de substituição de lâmpadas.

Análise financeira			
Tipo de lâmpada	Preço unitário (€)	Investimento total (€)	PRS [anos]
CFL	3,99	223,44	1,58
Halogéneo	5,99	5,99	0,57
Vapor de Mercúrio	36,25	217,50	0,62

Analisando-se a Tabela 5.6, conclui-se que qualquer uma das trocas propostas será uma opção muito viável que dará retorno do investimento no período compreendido entre 6 a 20 meses.

Ainda através da Tabela 5.6, é imediatamente visível que o período de retorno de qualquer um dos tipos de lâmpada apresentado é um tanto inferior ao período de retorno das lâmpadas T8, 3,04 anos, apresentado na Tabela 5.3. O principal fator que justifica estes valores é a diferença de potência elétrica entre as tecnologias existentes com a tecnologia LED, que é superior para as lâmpadas analisadas na Tabela 5.4, e ainda o respetivo preço de aquisição.



Figura 5.1 - Exemplo de uma lâmpada tubular e um projetor de 100W de tecnologia LED, respetivamente.

## 5.2. Sistema de controlo de iluminação

De forma a garantir uma utilização ainda mais eficiente da iluminação é proposta a instalação de um sistema de controlo da mesma, que tem como objetivo assegurar que a iluminação funcione somente quando necessário e de acordo com as necessidades dos ocupantes.

Através da literatura, estima-se que um sistema de controlo de iluminação chegue a atingir poupanças até 30% [20]. Existem vários tipos destes sistemas como é o caso de detetores de presença e

movimento, interruptores horários ou temporizadores, sendo que para a presente medida optou-se por um do primeiro tipo.

O detetor de presença e movimento selecionado funciona através de um sensor de infravermelhos, isto é um sensor passivo de movimento que opera na faixa ótica da radiação térmica, respondendo ao calor irradiado entre o sensor e o objeto em movimento neste caso um ocupante do edifício [21].

Existem 3 tipos de elementos sensores que podem ser utilizados neste tipo de detetor: termístores, termopilhas e piroelétricos. No entanto, devido ao seu custo mais reduzido, simplicidade e alta resposta, os piroelétricos são os mais utilizados [21].

A escolha deste detetor dependeu das suas características principais para que este fosse o ideal para o edifício em estudo, nomeadamente para os espaços onde é proposta a sua instalação: zonas de circulação e instalações sanitárias. Estes são os espaços onde faz mais sentido proceder a esta instalação por, tipicamente, terem a iluminação constantemente ativa, mesmo não sendo espaços de ocupação permanente.

Sendo assim, as características mais relevantes do detetor escolhido são as evidenciadas na tabela abaixo.

Tabela 5.7 - Características do detetor de presença e movimento escolhido [22].

Detetor de presença e movimento com sensor IV	
Características	
Ângulo do sensor de IV	180°
Alcance de visão	12 metros
Potência máxima de iluminação	300 W CFL; 100 W LED
Ajuste de tempo	10 segundos a 4 minutos

Este sensor de presença e movimento liga as lâmpadas que estiverem ligadas a si ao detetar movimento no campo de deteção do sensor, podendo acionar várias luminárias desde que estejam dentro dos limites da sua capacidade.

Adicionalmente, dispõe também de um regulador de temporização que permite ajustar o tempo em que as lâmpadas ficam ligadas, a partir de 10 segundos e até 4 minutos a partir do momento em que o movimento é detetado.

Fazendo a análise das dimensões das zonas de circulação e instalações sanitárias, e respetivas luminárias existentes, determinou-se o número de detetores necessários a instalar. A proposta passa então por instalar 1 sensor por cada instalação sanitária do edifício, no total 7, e 21 sensores pela totalidade das zonas de circulação.

De notar que efetuou-se este estudo tendo em conta as luminárias que passariam a existir no edifício após a aplicação da proposta da medida presente no subcapítulo 5.1, ou seja estes espaços contariam com lâmpadas tubulares de tecnologia LED e lâmpadas CFL.

Através da simulação do consumo energético efetuada no subcapítulo 3.4 para o Tec Labs, foi possível determinar a energia consumida nos espaços correspondentes às zonas de circulação e às instalações sanitárias. Aplicando a estimativa de poupança de 30% do consumo elétrico em todos esses espaços, com a aplicação de detetores de movimento e presença, obtém-se os resultados presentes na Tabela 5.8.

Tabela 5.8 - Comparação do consumo anual de energia elétrica atual com a proposta dos detetores.

Espaços	Consumo anual de energia elétrica	
	Energia atual consumida [kWh/ano]	Energia consumida com os detetores [kWh/ano]
Zonas de circulação	5 810,90	4 067,63
Instalações sanitárias	1 214,40	850,08

Tal como feito anteriormente na proposta de substituição de lâmpadas existentes atualmente por lâmpadas de tecnologia LED, é igualmente relevante proceder à análise financeira da implementação do conjunto de 28 detetores de presença e movimento, bem como o período de retorno da aplicação desta medida de Eficiência Energética.

A partir da Tabela 5.8 e das equações [1], [2] e [3] obteve-se a seguinte informação tabelada:

Tabela 5.9 - Análise financeira da proposta de implementação do detetor de presença e movimento.

Zonas de circulação e instalações sanitárias			
Total de unidades	Preço do detetor [€]	Investimento [€]	PRS [anos]
28	13,99	391,72	1,21

Através da análise dos resultados obtidos na Tabela 5.9, é possível verificar que a medida em estudo terá um período de retorno bastante positivo, de aproximadamente 14 meses, após a sua implementação nos espaços referidos. Ao evitar que as luminárias nestes espaços estejam constantemente ligadas, os detetores de presença e movimento contribuem para uma atrativa poupança energética, sendo por isso uma boa medida de Eficiência Energética.

O Tec Labs é um edifício onde existe um considerável número de ocupantes, sendo que é também de considerar que este edifício estando associado à Faculdade de Ciências da UL é cenário de muitas iniciativas de empreendedorismo para o meio académico o que acresce ao número de pessoas que circula habitualmente no Tec Labs. Assim sendo, esta é uma medida decisiva para a diminuição tanto do consumo de eletricidade nas diversas zonas de circulação como para as instalações sanitárias.



Figura 5.2 – Iluminação de zonas de circulação à esquerda e detetor proposto para a medida de sistema de controlo da mesma.

### 5.3. Integração de produção de Energia Fotovoltaica

A integração de um sistema fotovoltaico na cobertura do edifício Tec Labs será também alvo de estudo neste trabalho. Esta tecnologia oferece diversos benefícios não só a nível ambiental como a nível do consumidor, onde este último poderá beneficiar da energia produzida para autoconsumo, o que resultará na redução da fatura de eletricidade e, caso se verifique, da venda do excedente de produção de energia elétrica à rede.

A viabilidade do dimensionamento do sistema fotovoltaico está dependente da avaliação do potencial solar de um edifício. Para o presente dimensionamento do sistema de energia fotovoltaica conectado à rede utiliza-se a ferramenta do *software PVsyst*. Nesta simulação será necessário, numa fase inicial, estudar a existência de sombreamento e avaliar a área disponível para implementação dos painéis fotovoltaicos. Numa fase posterior, e caso se verifiquem condições de viabilidade de implementação do sistema, estudar-se-á o potencial técnico do sistema.

Para que seja viável o dimensionamento é também necessário realizar-se uma análise económica, de modo a que se consiga perceber a relação entre o potencial de geração de energia elétrica face às necessidades energéticas dos ocupantes do edifício.

Assim, o principal objetivo passa por projetar um sistema fotovoltaico com ligação à rede elétrica, de modo a suplementar o consumo de eletricidade necessário para suprir as necessidades energéticas do edifício Tec Labs.

Os componentes deste tipo de sistemas inclui os módulos, os inversores, dado que a maioria das cargas de um edifício funcionam em CA e os painéis produzem em CC, cabos e contador.

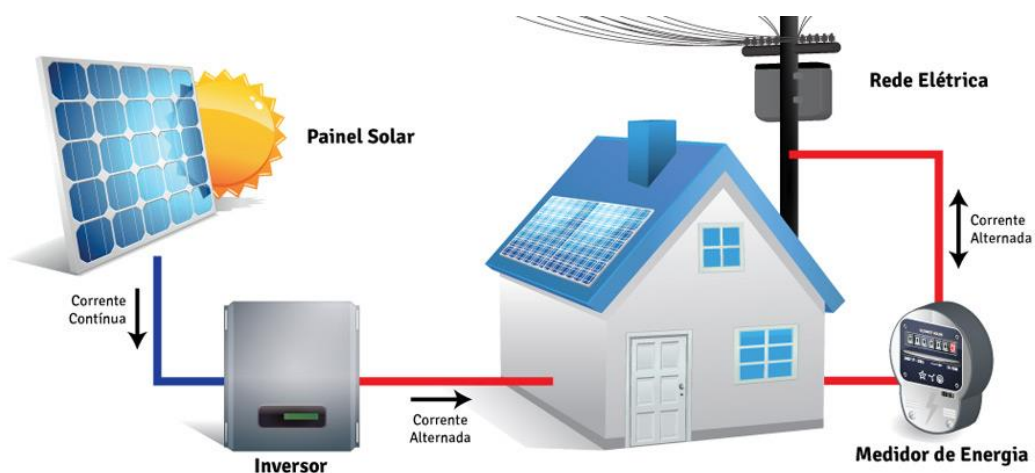


Figura 5.3 – Imagem meramente ilustrativa da configuração de um sistema solar fotovoltaico *On-grid*.  
Fonte: T8M Energia Solar.

### 5.3.1. Definição da Localização no PVsyst

O edifício Tec Labs situa-se na zona do Campo Grande e a as suas coordenadas geográficas correspondem a uma latitude de  $38^{\circ}45'N$  e uma longitude de  $9^{\circ}09'W$ . O sistema será instalado numa pequena área disponível na cobertura do edifício de, aproximadamente,  $151\text{ m}^2$ .



Figura 5.4 - Vista superior da cobertura do edifício. A zona delimitada a amarelo corresponde à área viável para instalação do sistema. Fonte: *Google Earth*.

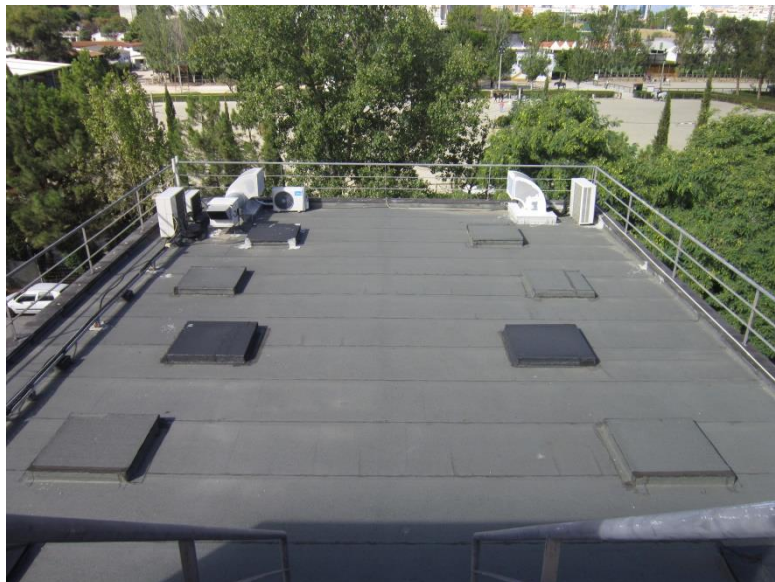


Figura 5.5 – Área disponível para a instalação do sistema.

O primeiro passo a ser executado no *software* é o de definir o local onde será instalado o sistema fotovoltaico, inserindo-se para isso as coordenadas geográficas anteriormente referidas. A disponibilidade de irradiância no local de instalação assegura a produtividade de qualquer sistema

fotovoltaico. Deste modo, torna-se essencial caracterizar e avaliar o potencial solar para um correto planeamento do recurso.

Assim, o programa fornece automaticamente os valores médios diários da irradiância solar, calculados para uma base mensal, e os valores médios mensais de irradiância incidentes numa superfície de inclinação horizontal, considerada numa fase precoce pelo programa.

Os dados adquiridos encontram-se representados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - Irradiância solar média incidente numa superfície com inclinação horizontal.

Irradiância solar média		
Meses	Irradiância média diária [kWh/m <sup>2</sup> /dia]	Irradiância média mensal [kWh/m <sup>2</sup> /mês]
Janeiro	2,29	71
Fevereiro	3,14	88
Março	4,41	137
Abril	5,70	171
Maio	6,84	212
Junho	7,57	227
Julho	7,63	237
Agosto	6,87	213
Setembro	5,25	158
Outubro	3,66	114
Novembro	2,42	73
Dezembro	1,93	60

### 5.3.2. Modelo dos módulos fotovoltaicos

Nos dias de hoje, existe uma vasta gama de módulos fotovoltaicos à venda no mercado cujos preços refletem diferentes eficiências, áreas coletoras, tecnologias e potência pico.

Na Tabela 5.11, são apresentadas as características mais relevantes do painel escolhido para a simulação, designado por *Sunmodule® SW 240 poly*:

Tabela 5.11 - Especificações mais relevantes do módulo *Sunmodule® SW 240 poly* [23].

Modelo <i>Sunmodule® SW 240 poly</i>	
Características	
Potência máxima (Wp)	240
Área (m <sup>2</sup> )	1,67
Preço (€/Wp)	0,523

É de salientar que nas especificações do sistema a introduzir no *software* considera-se as opções do tipo de modelo do módulo, neste caso *Standard*, a tecnologia de células policristalinas, a disposição de montagem num telhado plano e, por fim uma, ventilação adequada de *free standing*.

### 5.3.3. Definição de sombreamentos

O passo seguinte para o correto dimensionamento do sistema em análise foi identificar a existência de qualquer tipo de sombreamento.

- Sombreamento entre paredes adjacentes do edifício

Na área em estudo, verifica-se a existência de uma parede adjacente que causa sombreamento local. Este sombreamento provoca uma obstrução da linha de horizonte, o que resulta numa redução da energia solar incidente no sistema fotovoltaico.

A obstrução a aplicar é definida pelo cálculo da respetiva altura [24]:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{\text{altura}}{\text{distância}}\right) [4]$$

Pela equação anterior, e sabendo que a altura da parede adjacente possui 4,16m de altura e que o comprimento da área útil em análise é de 14,50m, constata-se que o ângulo de obstrução que define as condições de sombreamento corresponde a 16°.



Figura 5.6 – Parede adjacente à área útil considerada para implementação do sistema PV.

- Sombreamento entre painéis

De modo a evitar-se o sombreamento entre painéis é necessário calcular o espaçamento entre os módulos para que não haja projeção de sombras entre eles.

Assim, é fundamental determinar tanto a declinação como a altura solar para a condição de maior sombreamento [24]:

- Declinação Solar

$$\delta = 23,45 \times \sin\left[\frac{360}{365} \times (284 + N)\right] [5]$$

Onde N corresponde ao número do dia do ano contado a partir do dia 1 de janeiro.

Na presente simulação foi utilizado o dia 21 de dezembro, uma vez que este coincide com o solstício de inverno no hemisfério norte, onde o sol apresenta a menor altura solar e por isso o período de sol mais curto. Para um N equivalente a N=355, tem-se uma declinação solar de -23,45°.

– Altura Solar

$$\text{sen}(\gamma_s) = \cos(L) \times \cos(\delta) \times \cos(\omega) + \text{sen}(L) \times \text{sen}(\delta) \quad [6]$$

Os valores utilizados foram: latitude  $L=38^\circ$ , declinação solar  $\delta = -23,45$  e ângulo horário  $\omega = 0$  (meio-dia). Para este cálculo, obteve-se o valor de altura solar de  $\gamma_s = 28,55^\circ$ .

– Distância entre os módulos

Para este tópico é preciso definir-se a orientação ótima dos painéis fixos. Na prática é recomendável que estes sejam orientados para o sul geográfico (quando no hemisfério Norte). Para um melhor aproveitamento da radiação solar incidente, os módulos deverão estar inclinados em relação ao plano horizontal num ângulo a variar com a latitude do local de implementação do sistema. Desde modo, recomenda-se a adoção de ângulos de inclinação que irão maximizar a radiação solar incidente nos painéis.

Recorrendo à base de dados da Comissão Europeia, nomeadamente ao PVGIS, obtém-se a irradiância global média diária recebida por metro quadrado pelos módulos do sistema. Esta ferramenta assume um sistema fotovoltaico constituído por células de silício cristalino e com uma potência nominal de 1 kW, considerando também estimativas de perdas padrão associadas. O ficheiro resultante do *software* apresenta-se no Anexo II. A partir deste *software* retira-se o valor de inclinação ótima, correspondente a  $34^\circ$ .

Para o cálculo da distância necessária entre os módulos recorre-se à equação [24]:

$$d = h \times \left[ \cos(\beta) + \frac{\text{sen}(\beta)}{\text{tg}(\gamma_s)} \right] \quad [7]$$

Sendo os valores utilizados: altura do módulo  $h= 1,69\text{m}$ , inclinação do módulo  $\beta = 34^\circ$ , altura solar mínima  $\gamma_s = 28,55^\circ$  que resultam numa distância entre módulos de  $d= 3,14\text{m}$ .

Deste último valor retira-se o correspondente à projecção do próprio módulo sobre o plano horizontal, calculado através da equação trigonométrica [8], obtendo-se a menor distância necessária entre os módulos fotovoltaicos, correspondente a  $d_{\text{min}} = 3,14\text{m} - 1,40\text{m} = 1,74\text{m}$ .

$$\cos(\beta) = \frac{d_{\text{proj}}}{h} \quad [8]$$

– Configuração dos módulos fotovoltaicos

No *PVsyst* é possível definir-se ainda a área útil disponível para instalação do sistema PV, que vai ter em conta tanto as dimensões do modelo apresentado na Tabela 5.11 como o fator de sombreamento entre os módulos obtido anteriormente.

A configuração do sistema *PV* resultaria em 14 módulos por *string* num total de 3 *strings*, totalizando 42 módulos fotovoltaicos.

### 5.3.4. Capacidade instalada em energia fotovoltaica

Com os dados todos reunidos para simulação, obteve-se os seguintes resultados apresentados em gráficos:

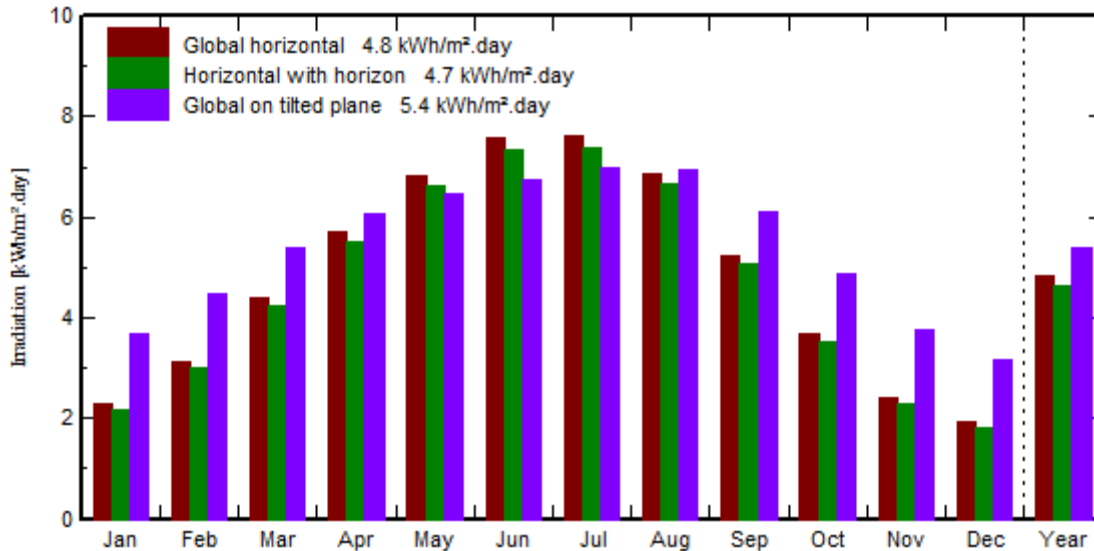


Figura 5.7 - Irradiação global horizontal incidente com e sem a aplicação do sombreamento no horizonte provocado pelo sombreamento da parede adjacente e irradiação global incidente no plano inclinado. Fonte: PVsyst.

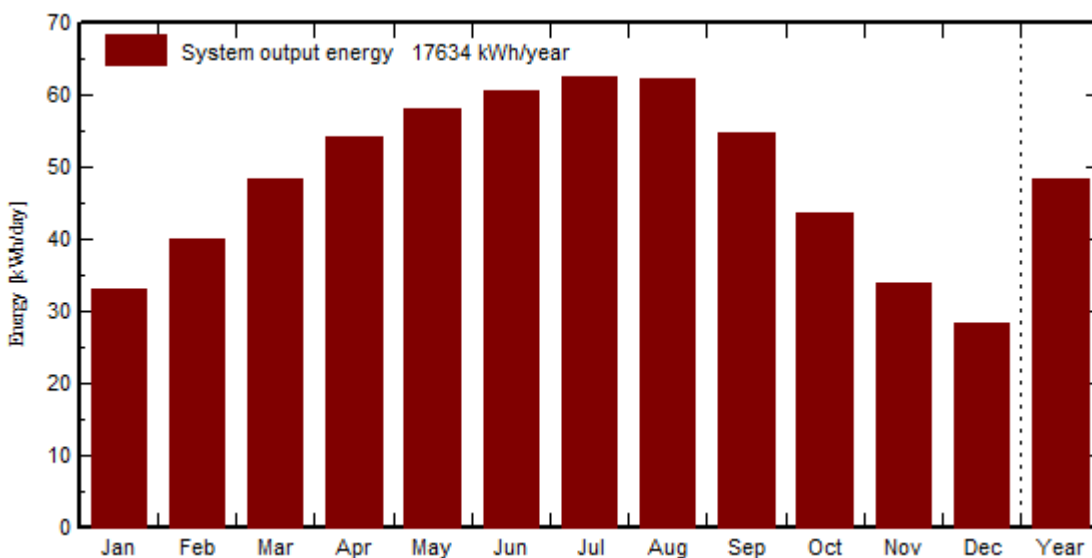


Figura 5.8 - Energia total anual e desagregada por meses que o sistema fotovoltaico em estudo consegue gerar. Fonte: PVsyst.

Pela Figura 5.8, observa-se que a energia anual gerada pelo sistema fotovoltaico em estudo corresponde a, aproximadamente, 17,6 MWh. Esta apenas iria suprir cerca de, 5,08% do total de energia anual consumida pelo edifício Tec Labs, tendo já em conta a poupança de energia das medidas de Eficiência Energéticas propostas nos Capítulos 5.1 e 5.2.

### 5.3.5. Análise financeira

O mesmo *software* executa uma estimativa dos encargos financeiros que a instalação do sistema PV acarreta, consoante o custo por *watt* do módulo escolhido. Entre o custo dos módulos, custos de manutenção, inversor e cabos e o transporte e montagem estima-se um investimento total de 29 055 €.

Tendo em conta o valor do investimento total necessário para a instalação do sistema fotovoltaico estudado, bem como a poupança de consumo de eletricidade, proveniente da rede elétrica, que este seria capaz de garantir, procedeu-se ao cálculo do período de retorno desta medida. Utilizando a equação [3], obteve-se o resultado de 10,68 anos, um valor dentro do expectável tendo em conta as características deste sistema PV.

Tal como seria expectável, esta é uma solução que conseguirá suprir apenas uma pequena parcela do consumo energético total praticado no edifício Tec Labs sendo a restante parcela complementada pela RESP, não existindo por isso lugar a excedente de energia elétrica.

## 5.4. Síntese de resultados com as medidas propostas

Após a análise e tratamento de todas as medidas propostas anteriormente foi possível avaliar a implementação em simultâneo de todas essas medidas de melhoria de Eficiência Energética, de forma a ser compreendida as suas implicações no edifício.

Através das equações [1], [2] e [3] calcula-se o período de retorno de investimento simples do conjunto das medidas de Eficiência Energética:

Tabela 5.12 – Quadro síntese dos resultados da implementação das medidas de Eficiência Energética no edifício

Medidas	Investimento (€)	Poupança de energia (kWh)	Poupança anual (€)	PRS (anos)
Iluminação	9 187,93	21 912,40	3 379,45	
Sistema de controlo de iluminação	391,72	2 107,59	325,04	6,01
Sistema PV	29 055,00	17 634,00	2 719,61	

Por intermédio da tabela anteriormente apresentada, verifica-se que as medidas de Eficiência Energética contribuem para uma poupança de 41,65 MWh no valor simulado de energia consumida no Tec Labs, o que representa uma diminuição de cerca de 11,22% na faturação energética anual.

Na Figura 5.9, é possível visualizar-se graficamente de que forma a implementação das medidas propostas iriam suprir os atuais consumos energéticos.

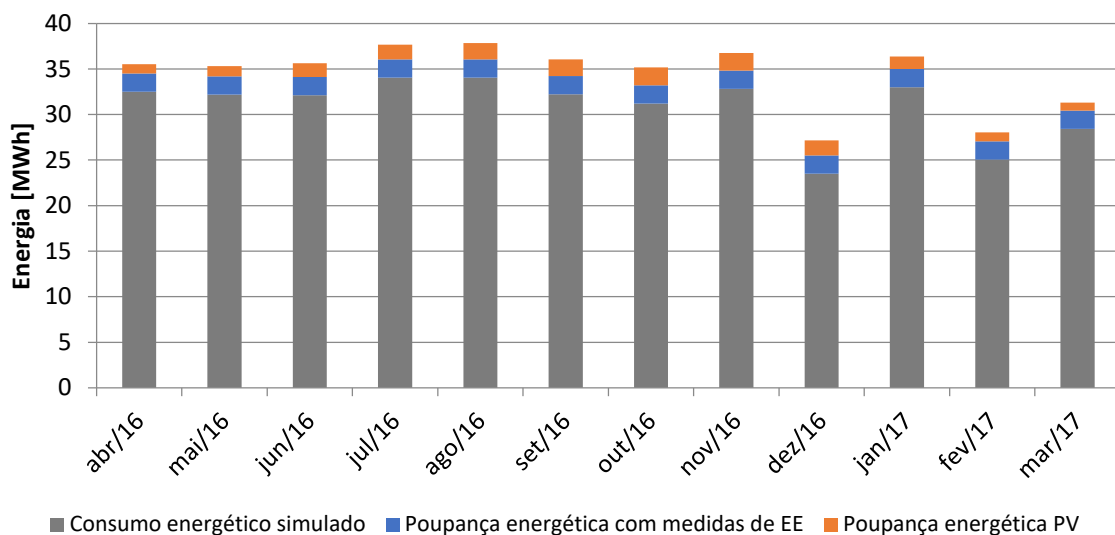


Figura 5.9 – Potencial da implementação das soluções de otimização propostas sobre o consumo de eletricidade praticado no edifício.

## 6. Revisão do método atual de arrendamento

Para além das soluções de otimização para melhoria de Eficiência Energética do Edifício Tec Labs propostas anteriormente, é igualmente importante referir como é que o método atual de arrendamento das empresas incubadas conduz a um consumo de energia, muitas vezes, não ponderado e um tanto negligenciado.

O método atual do arrendamento dos espaços do Tec Labs passa por um valor cobrado de €/m<sup>2</sup>, de acordo com a tipologia do espaço ocupado. Este método acaba por favorecer empresas com consumo intensivo de energia elétrica, conforme é demonstrado no subcapítulo imediatamente abaixo.

Deste modo, realiza-se o estudo da avaliação do método de arredamento atual do edifício Tec Labs em comparação com o método proposto. O método recomendado assenta no princípio de sensibilizar e consciencializar os ocupantes de cada espaço arrendado do edifício para um consumo mais eficiente de energia.

### 6.1. Método proposto de arrendamento

O método proposto passa pelo ajustamento da renda paga por cada empresa incubada tendo em conta não só a área total ocupada mas também o consumo de eletricidade praticado por cada empresa.

Através de informação fornecida, apurou-se que o custo mensal para os espaços utilizados com tipologia de escritório tem um valor de 10€/m<sup>2</sup> e para os laboratórios de 17€/m<sup>2</sup>. A partir destes dados comparou-se dois espaços do Tec Labs onde foi possível tirar algumas conclusões.

Tabela 6.1 - Análise do método de arrendamento atual e do método proposto para o mês de Março de 2017.

Arrendamento: Espaços		Método atual			Método proposto			Quota de consumo elétrico[%]
		m <sup>2</sup>	€/m <sup>2</sup>	€/mês	kWh/mês	€/kWh	€/mês	
Escritórios	A	17,25	10	172,5	57,19	0,15	8,82	5,1
	B	30,95		309,5	214,44		33,07	10,7
Laboratórios	C	34,80	17	591,6	1776,60		274,00	46,3
	D	50,30		855,1	1744,60		269,06	31,5

A análise da tabela permite comparar dois métodos de arrendamento entre dois espaços de escritório e dois espaços de laboratório tendo em conta uma base mensal, nomeadamente o último mês analisado que foi Março de 2017.

Comparando-se os espaços A e B pelo método atual verifica-se que o espaço B tem uma área total superior à do espaço A, o que irá resultar, naturalmente, num maior valor de arrendamento a pagar no final do mês para o espaço A. Por sua vez, pelo método proposto, consegue-se perceber que o valor em euros correspondente ao consumo de eletricidade mensal é também superior em B.

A quota de consumo elétrico corresponde à percentagem que a energia elétrica consumida assume no custo total que a empresa ocupante tem de pagar de arrendamento segundo o método atual. Para tal,

utilizou-se o custo de energia real do mês em análise, através da respetiva fatura elétrica, que é igual a 0,15 €/kWh.

Pela Tabela 6.1, constata-se que a quota do espaço B é superior ao dobro da quota do espaço A, querendo isto dizer que a empresa presente no espaço B sai vantajosa do método atual, uma vez que dispõe do mesmo regime que o espaço A, isto é, 10€/m<sup>2</sup> e consome quase o quádruplo que o espaço A.

Por outro lado, comparou-se dois laboratórios, o espaço C e o D, com o método atual. Mais uma vez, observou-se, como seria expectável, que tendo o espaço D uma área total superior à do espaço C, o valor de arrendamento a pagar no final do mês para o espaço D é maior.

Em relação ao método proposto, é de notar que a quota de consumo elétrico no espaço C é superior em, praticamente, 15% à do espaço D, o que deve-se ao facto de existir um consumo de eletricidade mais intensivo. Isto significa que, atualmente, a empresa ocupante do espaço de laboratório C sai beneficiada dado que ocupa uma área inferior mas, no entanto, consome mais eletricidade comparativamente com a empresa ocupante do espaço de laboratório D que tem uma área superior.

Realizada a análise é relevante salientar que muitas vezes o desconhecimento, por parte dos consumidores, das tecnologias mais eficientes e do seu potencial benefício constitui uma das barreiras à introdução de tecnologias mais eficientes. Desta feita, a participação ativa dos consumidores é fundamental para se conseguir superar essas mesmas barreiras.

## 7. Conclusão

Um dos pontos fundamentais desta dissertação foi perceber como estaria desagregado o consumo de energia elétrica do edifício alvo de estudo e assim proceder ao estudo de possíveis medidas de Eficiência Energética a serem implementadas no mesmo.

Da simulação realizada verificou-se um erro de, aproximadamente, 6,3% em comparação com o consumo real faturado de eletricidade do Tec Labs no período em análise, de Abril de 2016 até Março de 2017.

A desagregação de consumos para o presente estudo demonstrou que o consumo elétrico mais intensivo ocorre a nível dos equipamentos e, de seguida, pela iluminação dos espaços. O consumo de eletricidade dos equipamentos presentes no edifício corresponde a uma quota de cerca de 82%, estando esta repartida em três tipos de equipamentos, sendo que são os equipamentos de laboratório que revelam, em larga escala, o maior consumo. Este dado vai de encontro ao esperado na medida em que existem vários espaços alugados no edifício a funcionarem como laboratórios, cujos equipamentos têm, tipicamente, uma potência elétrica elevada e um tempo de funcionamento bastante alargado.

A partir de todos os dados recolhidos e utilizados para simulação, foi possível definir soluções de otimização para melhoria de Eficiência Energética do edifício Tec Labs e realizar, posteriormente, o estudo das mesmas e inferir da sua viabilidade, de acordo com uma análise financeira. As medidas propostas atuam perante o setor de iluminação, modo de arrendamento dos espaços e produção de energia elétrica por meio de módulos fotovoltaicos.

É de notar que não foi proposta nenhuma medida para o sector dos equipamentos de escritório e/ou laboratório, uma vez que os equipamentos existentes são imprescindíveis para o funcionamento normal das empresas incubadas. O tempo de funcionamento destes, prende-se com a ocupação que é feita pelos funcionários que trabalham em cada espaço, sendo que no caso dos laboratórios acresce o facto de os equipamentos terem um funcionamento dependente das investigações e experiências que possam ocorrer em cada período, não sendo possível atenuar este fator.

No caso da substituição das lâmpadas existentes por outras de tecnologia LED, a poupança mais significativa resultou nas lâmpadas tubulares T8 de 36 W, equivalente a 55,8%. Ainda em relação a medidas propostas relativas ao setor de iluminação, foi proposto um sistema de controlo da mesma. Para tal, estudou-se os detetores de presença e movimento, com sensor IV, com uma poupança de energia de 30% e consequente período de retorno estimado de, aproximadamente, 14 meses.

Uma outra medida que foi tida em conta refere-se ao potencial fotovoltaico para a cobertura do edifício. A área da cobertura disponível para implementação do sistema PV é considerada reduzida comparativamente com a dimensão de instalação que seria necessária para suprir as necessidades totais anuais dos ocupantes do Tec Labs.

A partir do estudo realizado, verificou-se que a configuração do sistema fotovoltaico resultaria em 14 módulos por *string* num total de 3 *strings*. Tendo em conta o sombreamento da parede adjacente ao espaço de cobertura disponível obteve-se um valor de energia anual gerado pelo sistema PV de 17,6 MWh. Este valor apenas consegue suprir uma pequena parte do consumo total anual realizado no edifício em estudo, cerca de 5,08 %, sendo que se estima um valor de investimento total de 29 055 €.

Do ponto de vista económico esta não será a opção mais vantajosa, uma vez que o investimento é avultado e a energia que o sistema gera em comparação com o consumo elétrico que é produzido no Tec Labs, 371,1 MWh, não é tão expressivo para fazer justificar o investimento. No entanto, do ponto

de vista académico e ambiental, seria importante para o Edifício Tec Labs, como edifício associado a iniciativas de empreendedorismo de base tecnológica da Faculdade de Ciências e da Universidade de Lisboa, avaliar se teria condições capazes de suportar os custos inerentes à implementação desta medida, de modo a terem a sua contribuição na mudança do paradigma energético através da utilização de uma fonte de energia renovável.

Através da síntese de resultados, verifica-se que as medidas de Eficiência Energética, isto é as medidas relacionadas com o setor de iluminação e a implementação do sistema PV, contribuem para uma poupança de 41,65 MWh no valor simulado de energia consumida no Tec Labs, o que representa uma diminuição de cerca de 11,22% na faturação energética anual.

Por fim, estudou-se o método atual de arrendamento que foi também, de certo modo, uma medida proposta de Eficiência Energética a ser implementada, de modo a fomentar uma utilização mais racional da energia por parte dos utilizadores dos espaços, ou seja, dos funcionários das diferentes empresas incubadas. Os espaços do edifício consoante a sua tipologia, isto é, se o espaço é de escritório ou de laboratório, pagam um valor pré-definido por m<sup>2</sup>. Através de toda a análise realizada previamente, verificou-se que quando comparados dois espaços de laboratório, pode dar-se a situação de um espaço de menor área consumir uma maior quantidade de eletricidade pagando, no entanto, um valor mensal de arrendamento consideravelmente inferior. Isto pode resultar num uso muito pouco racional de energia, uma vez que não existe a sensibilidade de cada utilizador dos espaços perante o seu respetivo consumo.

Em termos de medidas de Eficiência Energética da envolvente do edifício podem ser implementadas um conjunto de outras medidas, que não foram estudadas por não serem o alvo de estudo para este trabalho de dissertação, mas que não deixam de ser interessantes. Uma delas passa pela utilização de vegetação para sombreamento das superfícies e redução da temperatura do ar em volta do edifício através de evaporação no período de verão.

## 8. Referências Bibliográficas

- [1] “Eficiência Energética nos Edifícios da Administração Pública Central”. DGEG – Direção Geral de Energia e Geologia. [Online]. Disponível: <https://poseur.portugal2020.pt/media/39465/apresenta%C3%A7%C3%A3o-eng-jo%C3%A3o-bernardo.pdf>. [Acedido: 09-09-2017]
- [2] Centro de Inovação de Ciências. Tec Labs - Centro de Inovação. [Online]. Disponível: [http://www.teclabs.pt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=151&Itemid=272&lang=pt](http://www.teclabs.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=151&Itemid=272&lang=pt). [Acedido: 02-02-2017]
- [3] “Energia em Portugal 2015”. Direção Geral de Energia e Geologia. República Portuguesa, Fevereiro 2017.
- [4] “Poupar Eficiência Energética”. ADENE– Agência para a energia. [Online]. Disponível: <http://www.adene.pt/eficiencia-energetica>. [Acedido: 05-02-2017]
- [5] “Energy Efficiency – Buildings”. European Commission. [Online]. Disponível: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>. [Acedido: 02-02-2017]
- [6] “Portugal 2020- Sistema de Incentivos à Promoção da Eficiência Energética e da Utilização das Energias Renováveis nas Empresas”. AERLIS – Associação Empresarial da Região de Lisboa. [Online]. Disponível: <http://www.aerlis.pt/portugal-2020-sistema-de-incentivos-a-promocao-da-eficiencia-energetica-e-da-utilizacao-das-energias-renovaveis-nas-empresas.html>. [Acedido: 08-02-2017]
- [7] “Demonstrar o valor Gerado por projetos de Eficiência Energética”. BCSD PORTUGAL – Conselho Empresarial para o desenvolvimento sustentável. [Online]. Disponível: <http://www.bcsdportugal.org/areas-de-atividade/acao7>. [Acedido: 08-02-2017]
- [8] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva 2012/27/UE”. Jornal Oficial da União Europeia, L 315/1, de 25 outubro de 2012.
- [9] Parlamento Europeu e do Conselho, “Diretiva 2010/31/UE”. Jornal Oficial da União Europeia, L 153/13, de 19 maio de 2010.
- [10] “Eficiência Energética”, PNAEE – Plano Nacional de Ação para a Eficiência Energética. [Online]. Disponível: <http://www.pnaee.pt/pnaee>. [Acedido: 09-09-2017]
- [11] Presidência do Conselho de Ministros, “Resolução do Conselho de Ministros n.º20/2013”. Diário da República, 1.ª série — N.º 70 — 10 de abril de 2013.
- [12] “Planos e Programas PNAER”. ADENE– Agência para a energia. [Online]. Disponível: <http://www.adene.pt/programa/pnaer-2020-plano-nacional-de-acao-para-energias>. [Acedido: 09-09-2017]
- [13] “Guia da Eficiência Energética”. ADENE– Agência para a energia. [Online]. Disponível: [http://www.adene.pt/sites/default/files/guiaee\\_v1310.pdf](http://www.adene.pt/sites/default/files/guiaee_v1310.pdf). [Acedido: 09-09-2017]

- [14] John Wiley & Sons. “*Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*”, Second Edition, 2011.
- [15] “Tec Labs – Empreendedorismo vs. Projetos Científicos”. Start Up Magazine. [Online]. Disponível: <http://www.jornaleconomico.sapo.pt/noticias/tec-labs-empreendedorismo-vs-projetos-cientificos-105904>. [Acedido: 08-02-2017]
- [16] “Desempenho Energético dos Edifícios”. Aream – Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira. [Online]. Disponível: <https://aream.pt/files/2016/05/brochuraedificios.pdf>. [Acedido: 09-09-2017]
- [17] “7 vantagens das lâmpadas LED”. E-konomista. [Online]. Disponível: <http://www.e-konomista.pt/artigo/vantagens-lampadas-led/>. [Acedido: 30-08-2017]
- [18] “Fluorescentes Tubos LED”. AKI. [Online]. Disponível: <https://www.aki.pt/iluminacao/lampadas/lampadas-fluorescentes/fluorescentes-tubos-led.aspx>. [Acedido: 30-08-2017]
- [19] Despacho (extrato) n.º 15793-L/2013. Diário da República, 2.ª série — N.º 234 — 3 de dezembro de 2013.
- [20] Iberdrola, Ingevita – Consultoria e Engenharia, Lda “Guia de Eficiência Energética – Manual de Boas Práticas”.
- [21] M. Mazzaroppi. “Sensores de movimento e de presença”, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2007.
- [22] “Sensor Infravermelhos PIR 180°”. AKI. [Online]. Disponível: <https://www.aki.pt/electricidade/protecao-e-acesso-a-casa/alarme-e-deteccao/detector-presenca-movimento/SENSORINFRAVERMELHOSPIR180%C2%BA-P40573.aspx#tabButton01>. Acedido: [30-08-2017]
- [23] “SolarWorld Sunmodule™ solar panel 240 watt poly”. Free clean solar. [Online]. Disponível: <https://www.freecleansolar.com/SolarWorld-Sunmodule-240W-Poly-p/smsw240p.htm>. [Acedido: 10-09-2017]
- [24] H. Albuquerque Barros. “Anteprojecto de um Sistema Fotovoltaico de 12 kWp conectado à rede”. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 2011.

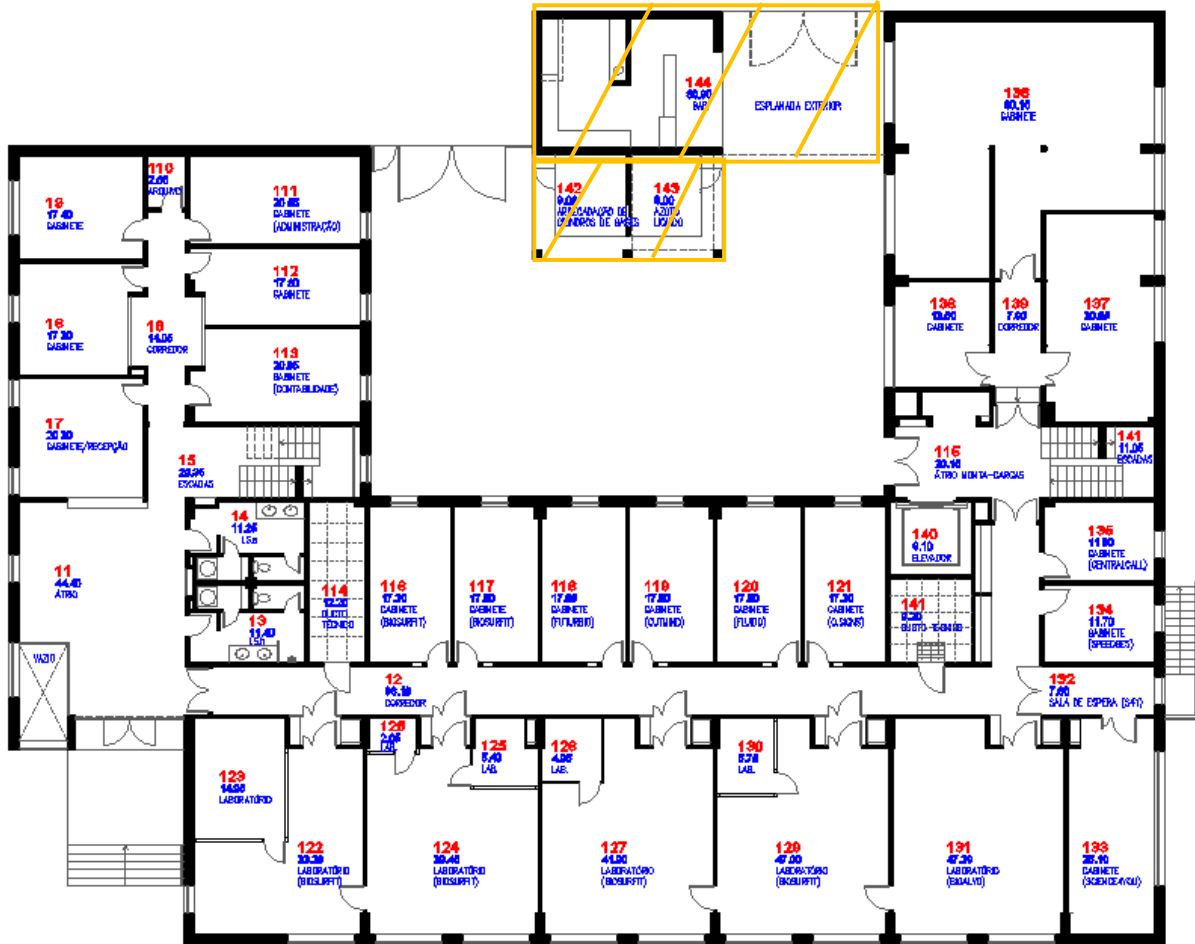
## 9. Anexos

### I - Planta do edifício

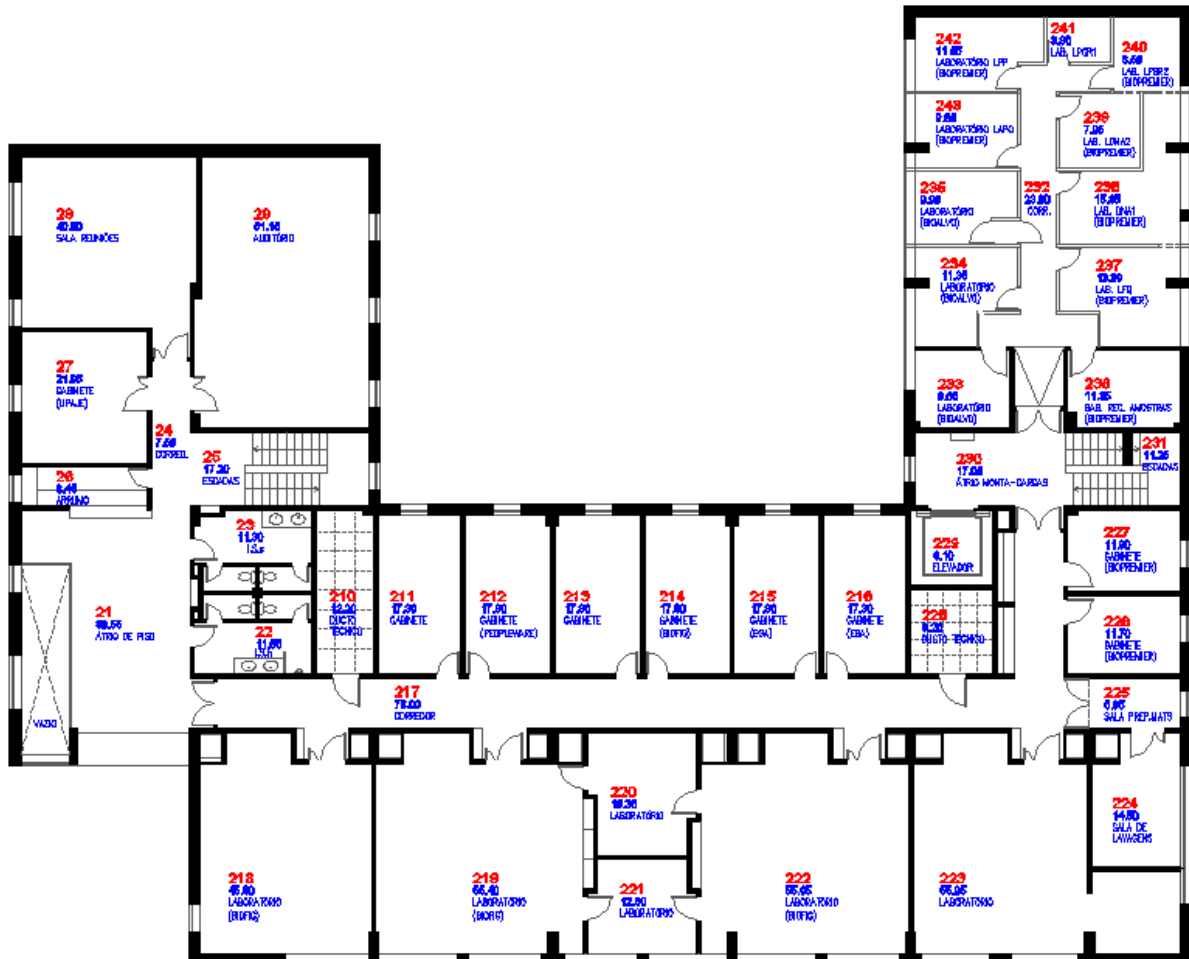
#### Piso -1



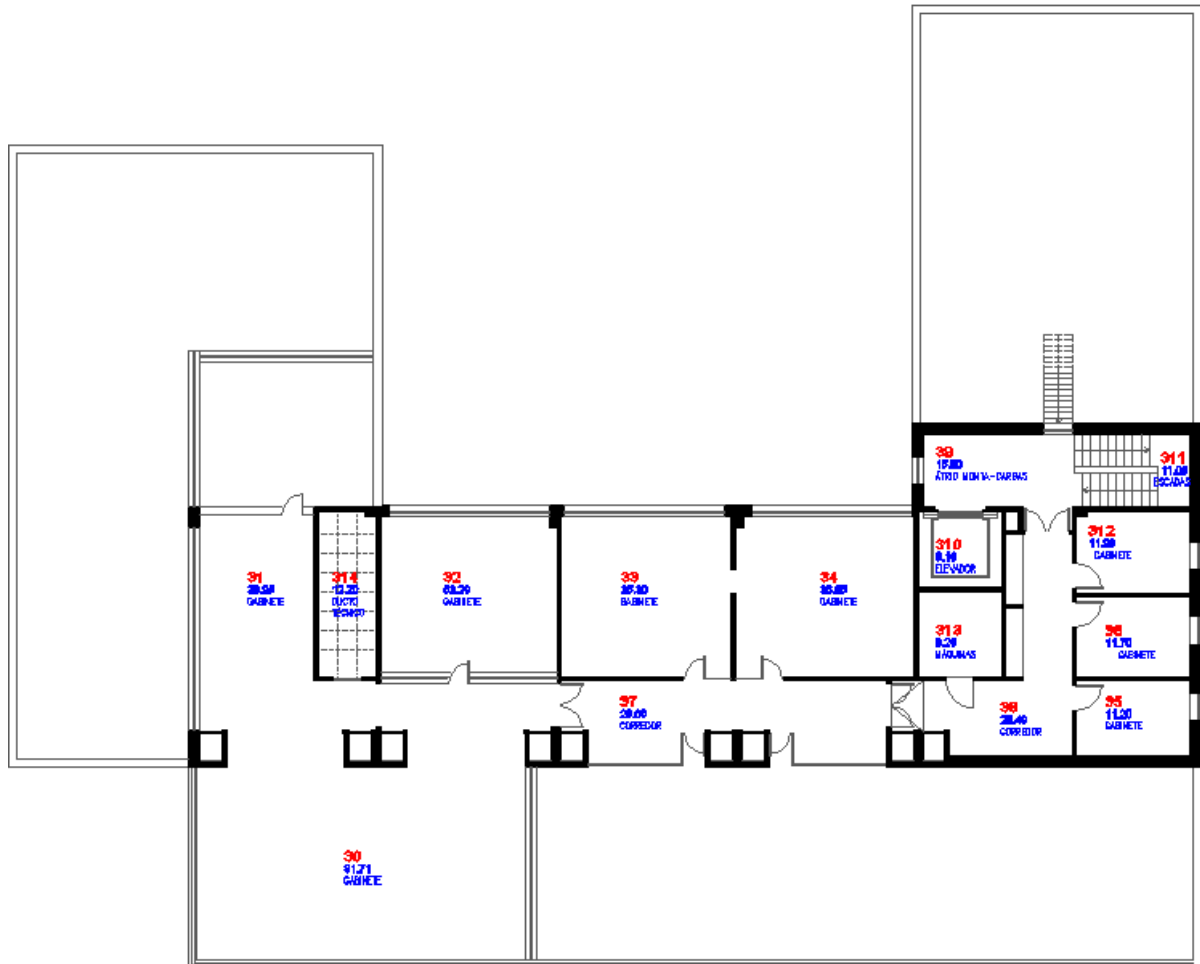
Piso 0



Piso 1



Piso 2



## II - Irradiância global média diária recebida por metro quadrado pelos módulos do sistema para uma inclinação considerada ótima pelo *software* para produção anual de energia elétrica.



### Photovoltaic Geographical Information System

European Commission  
Joint Research Centre  
Ispra, Italy

#### Performance of Grid-connected PV

##### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 38°45'4" North, 9°9'14" West, Elevation: 93 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 1.0 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 10.7% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 2.5%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 25.2%

Fixed system: inclination=34 deg., orientation=0 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	3.08	95.6	3.92	122
Feb	3.99	112	5.13	144
Mar	4.77	148	6.27	194
Apr	4.88	146	6.52	196
May	5.09	158	6.86	213
Jun	5.20	156	7.12	214
Jul	5.36	166	7.42	230
Aug	5.37	167	7.45	231
Sep	5.00	150	6.86	206
Oct	4.21	130	5.64	175
Nov	3.38	101	4.42	133
Dec	2.88	89.2	3.70	115
Year	4.44	135	5.95	181
Total for year		1620		2170

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012  
Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.  
<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

##### Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

##### This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.