



Eficiência energética na parte comum dos edifícios coletivos

Rui Sérgio de Seixas Gonçalves

Dissertação apresentada à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para obtenção do grau de mestre em Energias Renováveis e Eficiência Energética

Dissertação realizada sob a orientação de
Professor Eng.º Joaquim Tavares da Silva, IPB – ESTiG

Novembro de 2011

Agradecimentos

Primeiro gostaria de dar uma palavra especial de agradecimento ao meu orientador, Eng.º Tavares da Silva, professor do Departamento de Eletrotécnia da ESTIG do IPB, pelo apoio, disponibilidade e compreensão demonstrados ao longo do período de execução desta dissertação.

Gostaria ainda de agradecer a ajuda das pessoas envolvidas no desenvolvimento desta dissertação, nomeadamente ao Professor Doutor Orlando Soares do Departamento de Eletrotécnia da ESTIG/IPB.

Gostaria também de agradecer a toda a família e amigos que de certa forma me deram o seu apoio para o desenvolvimento desta dissertação.

A todos o meu muito obrigado.

Resumo

Esta dissertação foi elaborada maioritariamente com base nos conhecimentos adquiridos ao longo do Mestrado em Energias Renováveis e Eficiência Energética, mas também envolveu um vasto trabalho de recolha e tratamento de informação variada, proveniente de várias fontes, com destaque para as empresas de Energias Renováveis e de comercialização de elevadores, bem como legislação ligada às energias renováveis e pesquisas bibliográficas em bases de dados nacionais e internacionais.

Foi efetuado um estudo associado ao consumo de energia elétrica na parte comum do edifício, aonde se verificou que no âmbito da iluminação e dos elevadores, podem ser tomadas medidas para tornar o edifício muito mais eficiente.

Pelo exposto efetuou-se um estudo sobre o tipo de lâmpadas existentes para aplicação no setor doméstico, o qual serviu como base para efetuar as propostas de alteração.

O mesmo procedimento foi realizado para os elevadores, verificando-se que neste âmbito também existem melhorias significativas que se possam implementar, daí terem sido efetuadas as respetivas propostas.

Todas as propostas foram complementadas com um estudo de viabilidade económica.

Também foi projetada uma microprodução através de painéis fotovoltaicos, para instalação no edifício, acompanhada do estudo de viabilidade económica.

Palavras-chave: Eficiência energética, edifícios, microprodução, fotovoltaicos.

Abstract

This dissertation was elaborate mainly based on the knowledge acquired during the Master in Renewable Energy and Energy Efficiency, but also involved an enormous amount of information collection and treatment varied from several sources, especially for companies and Renewable Energy marketing of elevators, as well as legislation related to renewable energy research and bibliographic databases nationally and internationally.

A study was made from the consumption of electricity in the common part of the building, where it was found that under the lights and the lifts can be mediated taken to make the building more efficient.

For these reasons we performed a study on the type of lamps available for use in the domestic sector, which served as the basis for making the amendments.

The same procedure was conducted for the lifts, verifying that this area there are also significant improvements that can be implemented, there have been made of the respective proposals.

All proposals were supplemented by an economic feasibility study.

Also designed a micro through photovoltaic panels for installation in the building, accompanied by the economic feasibility study.

Keywords: energy efficiency, buildings, microgeneration, PV.

Índice

1.	Introdução.....	10
2.	Enquadramento energético do setor elétrico.....	11
3.	Identificação do imóvel alvo de análise	14
3.1.	Consumos de energia.....	15
4.	Módulo I – Portões elétricos, bomba de água e vídeo porteiros.....	16
4.1.	Portões elétricos	16
4.2.	Bomba de água.....	16
4.3.	Vídeo Porteiros.....	16
5.	Módulo II – Iluminação.....	18
5.1.	Situação atual.....	18
5.2.	Estudo do tipo de lâmpadas existentes	21
5.2.1.	Lâmpadas incandescentes.....	22
5.2.2.	Lâmpadas fluorescentes tubulares	23
5.2.3.	Lâmpadas fluorescentes compactas (LFC)	25
5.2.4.	Lâmpadas de halogéneo	25
5.2.5.	Díodos emissores de luz (LEDs).....	26
5.2.6.	Etiquetagem energética	28
5.2.7.	Resumo do tipo de lâmpadas.....	29
5.3.	Situação proposta	29
5.3.1.	Garagens.....	29
5.3.2.	Serviços comuns.....	31
5.3.2.1.	Alternativa 1.....	31
5.3.2.2.	Alternativa 2.....	31
5.4.	Estudo de Viabilidade económica	33
6.	Módulo III – Elevadores.....	36
6.1.	Situação atual.....	36
6.2.	Estudo sobre elevadores.....	37
6.2.1.	Funcionamento do elevador convencional.....	37
6.2.2.	Problemas dos elevadores convencionais VS proposta.....	38
6.2.2.1.	Iluminação da cabine	38
6.2.2.2.	Quadro de comando	38
6.2.2.3.	Tração da cabine	39

6.2.2.4.	Máquinas utilizadas.....	39
6.2.2.5.	Motores utilizados.....	41
6.3.	Situação proposta	42
6.3.1.	Alternativa 1	42
6.3.2.	Alternativa 2	43
6.4.	Estudo de viabilidade económica.....	44
7.	Módulo IV - Instalação de um microprodução.....	46
7.1.	Dados do local e orçamento.....	48
7.2.	Dimensionamento da microprodução	50
7.2.1.	Inversor	50
7.2.1.1.	Características do Inversor	51
7.2.2.	Módulos Fotovoltaicos.....	52
7.2.2.1.	Determinação da U_{max} e U_{min} dos módulos	53
7.2.3.	Validação dos módulos/inversor.....	54
7.3.	Estimativa da energia produzida.....	56
7.4.	Esquema de instalação.....	57
7.5.	Instalação dos módulos solares	59
7.5.1.	Tipos de sombras	59
7.5.2.	Distância mínima entre módulos e sombras.....	60
7.6.	Dimensionamento da cablagem e proteções	65
7.6.1.	Cabos	65
7.6.1.1.	Cálculo da secção da cablagem das fileiras.....	66
7.6.1.2.	Cálculo da secção da cablagem do cabo AC.....	67
7.6.2.	Proteções.....	68
7.6.2.1.	Acoplamento eletromagnético	68
7.6.2.2.	Fusíveis de fileira	69
7.6.2.3.	Equipamentos de corte e seccionamento.....	69
7.6.2.4.	Proteção contra descargas atmosféricas	70
7.7.	Estudo de viabilidade económica.....	70
8.	Conclusão	72
9.	Bibliografia	74

Índice de figuras

FIGURA 1 – Evolução do consumo de energia elétrica em Portugal [13]	11
FIGURA 2 – Consumo de eletricidade em Portugal por tipo de consumo (Ano 2009) [13]	11
FIGURA 3 – Evolução do preço médio da eletricidade em Portugal Continental [15]	12
FIGURA 4 – Previsão da evolução do preço do kWh	13
FIGURA 5 – Esquema da constituição do edifício	14
FIGURA 6 – Luminária de teto existente	18
FIGURA 7 – Circuitos de iluminação existentes	19
FIGURA 8 – Lâmpada incandescente [16]	23
FIGURA 9 – Lâmpadas fluorescentes tubulares [32]	24
FIGURA 10 – Lâmpadas fluorescentes compactas [19]	25
FIGURA 11 – Lâmpadas de halogénio [20]	26
FIGURA 12 – Diodo emissor de luz (LED) [35]	26
FIGURA 13 – Esquema interno de uma lâmpada LED [34]	27
FIGURA 14 – Lâmpadas LED [20]	27
FIGURA 15 – Etiqueta energética para as lâmpadas [21]	28
FIGURA 16 – Eco-tubo [38]	30
FIGURA 17 – Elevador convencional [7]	37
FIGURA 18 – Iluminação da cabine - problema VS proposta [8]	38
FIGURA 19 – Quadro de comando - problema VS proposta [8]	38
FIGURA 20 – Cabo de aço convencional / cinta de poliuretano reforçada com cabo de aço [9]	39
FIGURA 21 – Máquina convencional [9]	40
FIGURA 22 – Máquina mais eficiente [9]	40
FIGURA 23 – Comparação entre máquinas [9]	41
FIGURA 24 – Exemplos de funcionamento do elevador [8]	42
FIGURA 25 – Evolução da microprodução em KW (até 07/2011) [10]	46
FIGURA 26 – Esquema para ligação de microprodução [22]	47
FIGURA 27 – Localização geográfica do imóvel [23]	48
FIGURA 28 – Símbolo elétrico do inversor [11]	50
FIGURA 29 – Fotografia do inversor [24]	51
FIGURA 30 – Símbolo elétrico de um módulo [11]	52
FIGURA 31 – Fotografia do módulo [25]	53
FIGURA 32 – Introdução de dados no PVGIS [27]	56
FIGURA 33 – Estimativa de energia produzida [27]	56
FIGURA 34 – Solução D – Clientes BTN [10]	57
FIGURA 35 – Solução D – Esquema de pormenor [10]	57
FIGURA 36 – Esquema unifilar inserido na instalação do edifício	58
FIGURA 37 – Dimensão dos módulos [25]	59
FIGURA 38 – Coordenadas solares [29]	61
FIGURA 39 – Fatores a ter em conta na instalação dos módulos	62
FIGURA 40 – Dados para colocação dos módulos na vertical	63
FIGURA 41 – Dados para colocação dos módulos na vertical	63
FIGURA 42 – Medidas levantadas no local	63
FIGURA 43 – Sombra provocada pelos obstáculos	64

FIGURA 44 – Distribuição dos módulos.....	64
FIGURA 45 – Cabo solar [30]	67
FIGURA 46 – Ligação dos módulos FV [26].....	68

Índice de tabelas

Tabela 1 – Consumos verificados.....	15
Tabela 2 – Utilização do vídeo porteiro (Entrada A)	17
Tabela 3 – Potência instalada.....	20
Tabela 4 – Utilização da iluminação do prédio (Entrada A)	20
Tabela 5 – Consumo estimado na iluminação	21
Tabela 6 – Características das lâmpadas tubulares T8 e T5 [36]	24
Tabela 7 – Resumo do tipo de lâmpadas	29
Tabela 8 – Características da fluorescente selecionada	30
Tabela 9 – Consumo com a utilização de lâmpadas fluorescentes T5	30
Tabela 10 – Características da lâmpadas selecionadas.....	31
Tabela 11 – Consumos com a utilização de LFCs	31
Tabela 12 – Consumos com a utilização de LEDs.....	31
Tabela 13 – Consumos com a utilização de LFCs e luminárias com sensor de movimento.....	32
Tabela 14 – Consumos com a utilização de LEDs e luminárias com sensor de movimento	32
Tabela 15 – Estudo de viabilidade económica das garagens	33
Tabela 16 – Estudo de viabilidade económica (Alternativa 1 - Entrada A)	34
Tabela 17 – Estudo de viabilidade económica (Alternativa 1 - Entrada B)	34
Tabela 18 – Estudo de viabilidade económica (Alternativa 2 - Entrada A)	35
Tabela 19 – Estudo de viabilidade económica (Alternativa 2 - Entrada B)	35
Tabela 20 – Consumo nos elevadores.....	36
Tabela 21 – Consumo nos elevadores com a remodelação da cabine	43
Tabela 22 – Consumo nos elevadores com a remodelação da cabine + KIT de variação da frequência	44
Tabela 23 – Estudo de viabilidade económica (Entrada A).....	44
Tabela 24 – Estudo de viabilidade económica (Entrada B).....	45
Tabela 25 – Distribuição geográfica das unidades de Microprodução Ligadas no Distrito de Bragança (até 07/2011) [10]	46
Tabela 26 – Comparação entre o regime anterior e o atual.....	47
Tabela 27 – Orçamento recebido.....	49
Tabela 28 – Tabela de características do inversor SB 3800 [24]	51
Tabela 29 – Tabela de características dos módulos Renesola JC240S-24/Bb [25].....	53
Tabela 30 – Comprimento do cabo das fileiras.....	66
Tabela 31 – Estudo de viabilidade económica	71
Tabela 32 – Retorno do investimento.....	72
Tabela 33 – Redução de consumo	72

1. Introdução

A eficiência energética está a ser cada vez mais importante dado que o consumo de energia tem vindo a aumentar bem como o seu preço, e não é favorável para o ambiente o consumo de energia produzida através de fontes não renováveis.

Esta dissertação tem como objetivo efetuar o estudo da eficiência energética associado à instalação elétrica da parte comum de um edifício coletivo, e apresentar propostas de alteração de forma a tornar-se mais eficiente, para diminuir o consumo de energia, refletindo-se em poupanças para os condóminos e preservação do meio ambiente.

O edifício em causa foi construído em 1996 e encontra-se habitado.

O estudo vai ser dividido em quatro partes, inicialmente o estudo associado aos portões elétricos e bomba de água das garagens, bem como dos vídeo porteiros de ambas as entradas, seguido do estudo referente à iluminação das partes comuns do edifício e posteriormente o estudo sobre a eficiência dos elevadores, e para finalizar a implementação de uma microprodução, sempre acompanhados do estudo de viabilidade económica de forma a avaliar se existem vantagens financeiras para avançar com o investimento.

2. Enquadramento energético do setor elétrico

O consumo de energia em Portugal tem apresentado um crescimento acentuado nos últimos anos, conforme se pode verificar na figura abaixo, onde grande parte desse consumo é no setor dos serviços e habitação, aonde está também incluído o consumo proveniente da parte comum dos edifícios coletivos, daí também o interesse em torná-los mais eficientes.

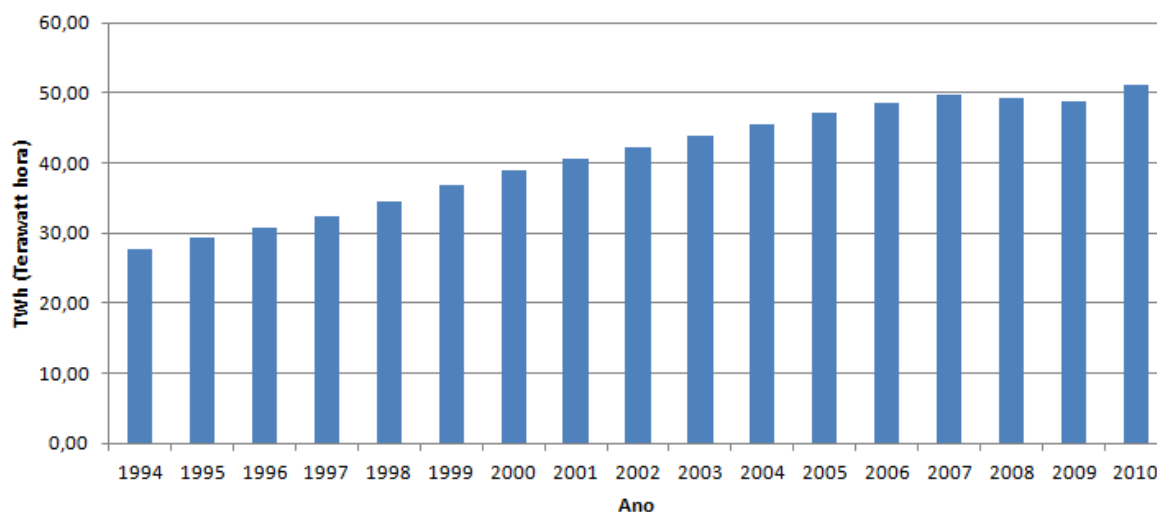


FIGURA 1 – Evolução do consumo de energia elétrica em Portugal [13]

Passamos a maioria do nosso tempo em edifícios, e o consumo associado aos edifícios representa aproximadamente 62% do total de energia elétrica e a utilização pouco eficiente da energia traduz-se em ameaças preocupantes para o país, seja do ponto de vista económico, social ou ambiental [14].

Uma alternativa a esta situação é o aumento da eficiência no consumo de energia e o aproveitamento do potencial de energias renováveis, que em Portugal é assinalável, com destaque para a energia solar, eólica, hídrica e da biomassa [12].

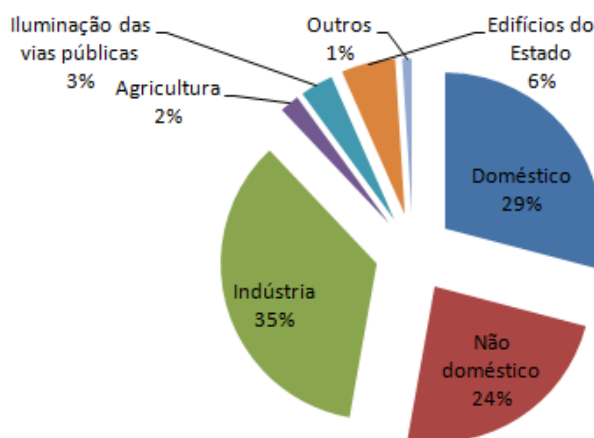


FIGURA 2 – Consumo de eletricidade em Portugal por tipo de consumo (Ano 2009) [13]

O setor dos edifícios é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia final na Europa. No entanto, mais de 50% deste consumo pode ser reduzido através de medidas de eficiência energética, o que pode representar uma redução anual de 400 milhões de toneladas de CO₂, quase a totalidade do compromisso da UE no âmbito do Protocolo de Quioto [2].

Para fazer face a esta situação, os Estados-Membros têm vindo a promover um conjunto de medidas com vista a promover a melhoria do desempenho energético e das condições de conforto dos edifícios. É neste contexto que surge a Diretiva nº 2002/91/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de Dezembro, relativa ao desempenho energético dos edifícios [2].

Os objetivos da Diretiva nº 2002/91/CE passam pelo enquadramento geral para uma metodologia de cálculo do desempenho energético integrado dos edifícios, aplicação dos requisitos mínimos para o desempenho energético dos novos edifícios bem como dos grandes edifícios existentes que sejam sujeitos a importantes obras de renovação, certificação energética dos edifícios e a inspeção regular de caldeiras e instalações de ar condicionado nos edifícios e, complementarmente, a avaliação da instalação de aquecimento quando as caldeiras tenham mais de 15 anos. Destaque para a implementação de um sistema de certificação energética de forma a informar o cidadão sobre a qualidade térmica dos edifícios, aquando da construção, da venda ou do arrendamento dos mesmos, permitindo aos futuros utilizadores a obtenção de informações sobre os consumos de energia potenciais (para novos edifícios), reais ou aferidos para padrões de utilização típicos (para edifícios existentes) [2].

Em Portugal assistiu-se a uma alteração dos hábitos de consumo de energia nas habitações nos últimos 15 anos, de acordo com os resultados preliminares do Inquérito ao Consumo de Energia no Setor Doméstico realizado em 2010. A eletricidade assume-se como a principal fonte de energia (44%) [4].

O preço da energia também tem aumentado desde o ano 2000 até ao atual, conforme se pode verificar na figura seguinte.

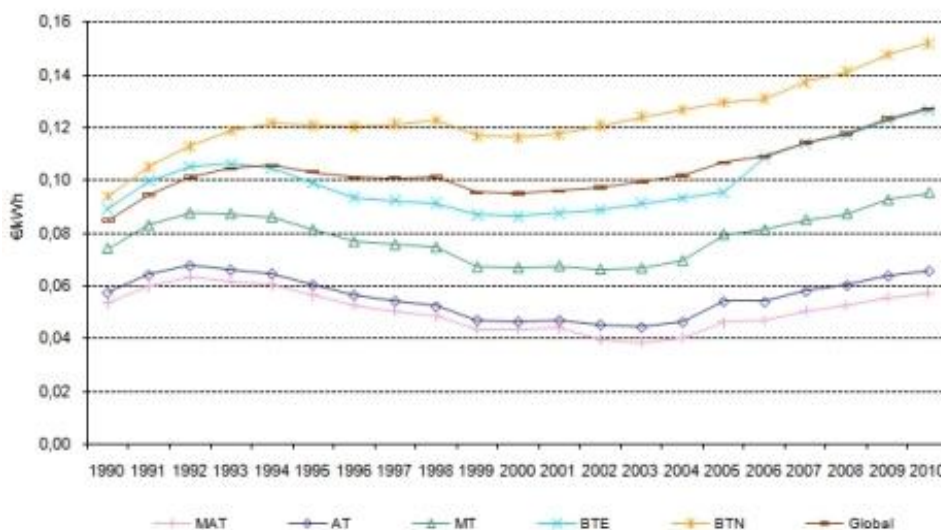


FIGURA 3 – Evolução do preço médio da eletricidade em Portugal Continental [15]

Com a entrada em vigor do Decreto-Lei 104/2010 de 29 de Setembro, a partir do dia 1 de Janeiro de 2011 foram extintas as tarifas reguladas para os consumidores com potências contratadas em MAT, AT, MT e BTE.

Conforme previsto no memorando de entendimento assinado entre Portugal e a União Europeia, Banco Central Europeu e Fundo Monetário Internacional, o Governo, através da Resolução do Conselho de Ministros n.º 34/2011, de 1 de Agosto, veio concretizar um calendário de extinção das restantes tarifas reguladas de venda de eletricidade a clientes finais.

O calendário definido pelo Governo para extinção das restantes tarifas está dividido em dois momentos diferentes:

- 01/07/2012 - Para os clientes em baixa tensão com potência contratada entre 10,35 kVA e 41,4 kVA, inclusive. Este conjunto de clientes corresponde na maioria aos maiores agregados familiares e a pequenas empresas.
- 01/01/2013 - Extinguem-se por completo as tarifas reguladas de fornecimento a clientes finais.

Embora todos os consumidores de energia elétrica já possam escolher livremente o seu fornecedor desde Setembro de 2006 (tarifas reguladas), a partir de 01-01-2013 qualquer cliente final poderá comparar várias propostas obtidas (preços, condições de pagamento, prazos, promoções de oferta, etc...), e escolher o comercializador que melhor lhe convém. A ERSE disponibiliza na sua página da internet uma lista dos comercializadores que voluntariamente divulgaram aí os seus contactos comerciais.

Para efeitos de estudo de viabilidade económica, nas propostas de alteração ao edifício que vão ser aqui apresentadas, tendo como base o referido anteriormente e a evolução do custo das matérias-primas energéticas e da energia elétrica nos mercados internacionais, vai ser feita uma previsão do preço do kWh para os clientes finais em BTN para os próximos 15 anos.

Os valores previsionais, a seguir apresentados, resultam de uma simulação computacional para o presente trabalho académico:

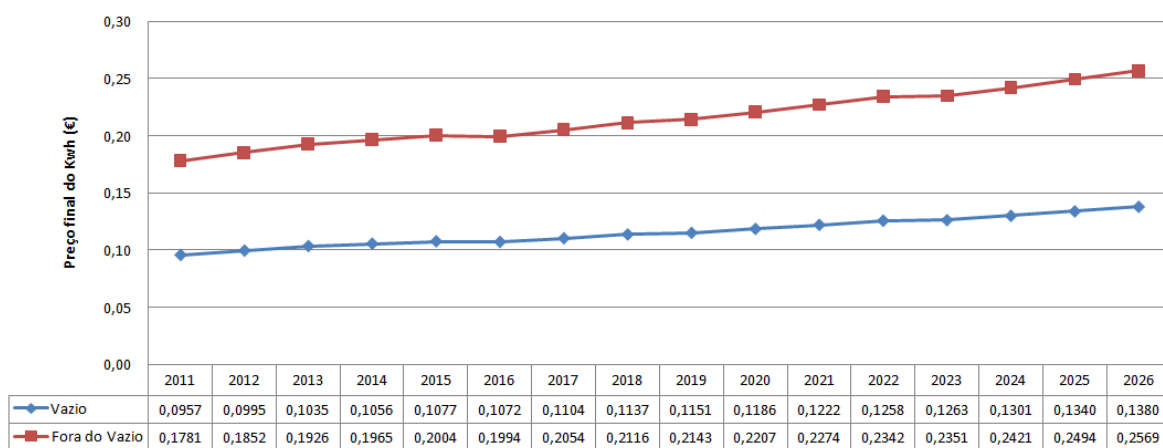


FIGURA 4 – Previsão da evolução do preço do kWh

3. Identificação do imóvel alvo de análise

Trata-se de um edifício construído em 1996, localizado na Cidade de Bragança, mais concretamente na rua Conde de Ariães, Condomínio Abade Baçal e é constituído por 10 pisos, dois quais 7 estão dedicados a habitações da topologia T2 e T3 fazendo no total 28 apartamentos, estando divididos em duas entradas independentes tendo 14 apartamentos cada, um piso está dedicado a lojas comerciais, estando este localizado ao nível da via pública, os restantes dois estão localizados abaixo do nível do solo e estão destinados a garagens individuais integradas em um bloco único.

A seguir é mostrada uma planta do prédio para melhor enquadramento.

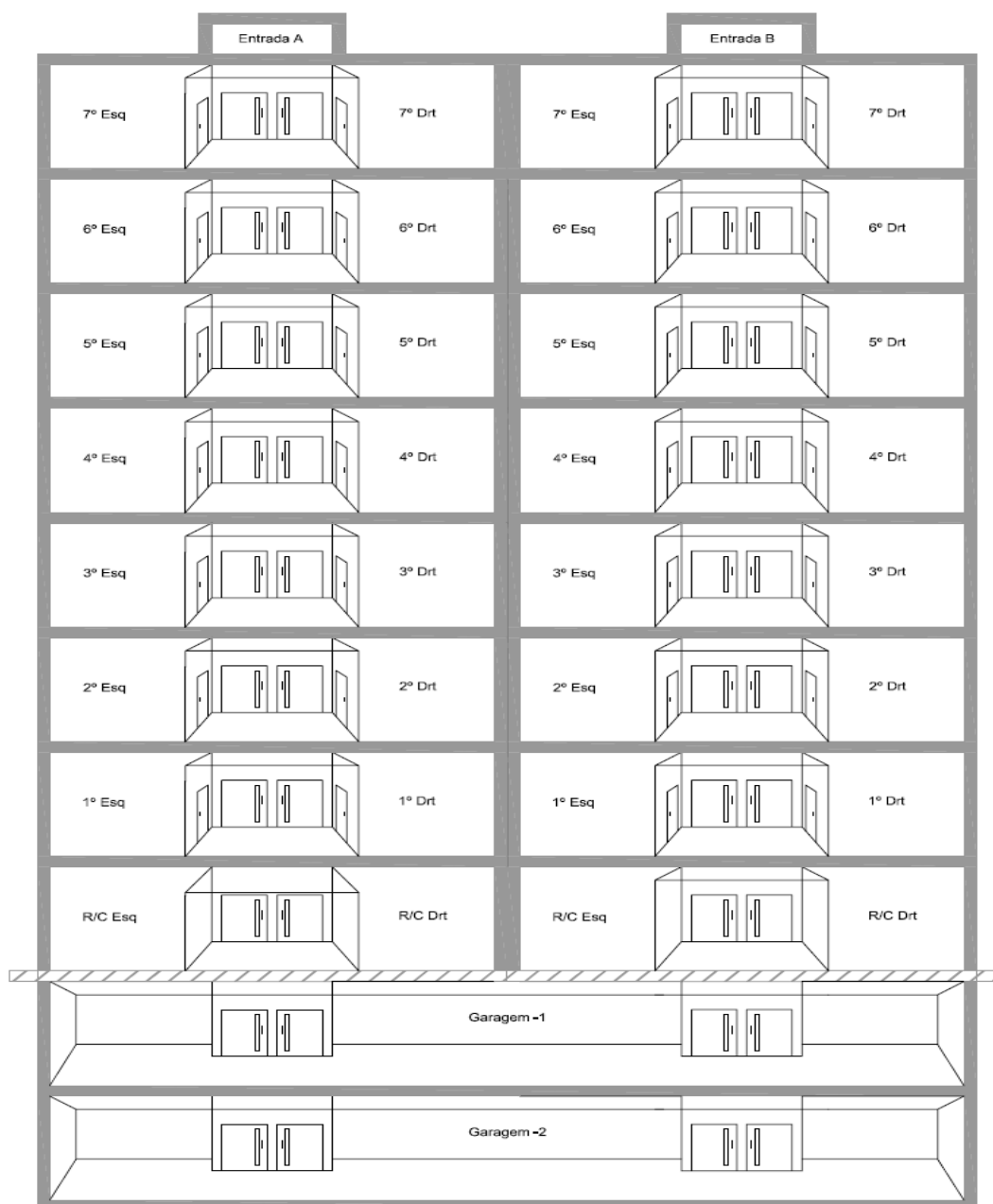


FIGURA 5 – Esquema da constituição do edifício

3.1. Consumos de energia

Existem associados ao prédio 3 contadores de energia:

- SC EA - Contador associado aos serviços comuns (Elevadores + Iluminação + Vídeo Porteiro) da entrada A
- SC EB - Contador associado aos serviços comuns (Elevadores + Iluminação + Vídeo Porteiro) da entrada B
- GARs - Contador associado às garagens (Portões elétricos + Iluminação + Bomba de água)

Foram verificados os consumos dos contadores de energia no período de 11-08-2010 a 18-08-2011, obtendo-se os valores demonstrados na tabela seguinte:

Tabela 1 – Consumos verificados

Contador	Tarifa	Leitura Inicial (KWh)	Leitura Final (KWh)	Consumo Anual (KWh)	Percentagem %	Consumo Total (KWh)
SC EA	Vazio	31200	33093	1893	26	7168
	Fora do vazio	79749	85024	5275	74	
SC EB	Vazio	2624	4032	1408	25	5607
	Fora do vazio	7438	11637	4199	75	
GARs	Normal	8440	9115	675	100	675

Verifica-se um consumo inferior nos serviços comuns da entrada B devido ao facto de alguns apartamentos estarem desabitados.

4. Módulo I – Portões elétricos, bomba de água e vídeo porteiros

Neste módulo vai ser abordado o consumo de energia associado aos portões elétricos das garagens, à bomba de água situada no piso -2, e ao vídeo porteiro de ambas as entradas.

Isto deve-se ao facto de serem os equipamentos onde não existem grandes alternativas para melhorar a eficiência energética que contribuam significativamente para a redução do consumo de energia, razão pela qual não vai ser proposta nenhuma alteração.

4.1. Portões elétricos

Existem dois portões em fole, um para cada garagem, em que a abertura e fecho é efetuada com automatismos constituídos por motores de corrente alternada com potência de 400 W que realizam a tração dos referidos portões.

A seguir vai ser estimado o consumo anual com base nos dados existentes.

Como temos no total 28 garagens (uma por apartamento) e assumindo que todos os dias o carro é retirado e colocado na garagem uma vez por dia, o que implica abrir e fechar 28 vezes por dia os portões elétricos, tendo eles associados um motor elétrico com a potencia de 400 W e que o tempo de abertura e fecho demora 15 segundos para cada ciclo, podemos estimar o tempo de funcionamento/consumo anual para estes equipamentos, sendo igual a:

Tempo de funcionamento Anual (H) = $365 \times 28 \times 2 \times 0,0084 \approx 172$ Horas

Consumo anual (kWh) = $172 \times 400 / 1000 \approx 69$ kWh

4.2. Bomba de água

Como a garagem no piso -2 é comum para ambas as entradas, somente existe uma bomba de água para retirar a água que raramente se acumula no piso referido.

Não existe nenhuma nascente de água no local apesar de se encontrar abaixo do nível do solo, daí a bomba de água só atuar em caso de inundação de água proveniente do exterior, situação essa que acontece 2 a 3 vezes ao ano, motivo pelo qual o consumo deste equipamento vai ser desprezado para efeito de cálculos.

4.3. Vídeo Porteiros

Cada vídeo porteiro tem um consumo de 2,5 W em stand by e para abertura da porta de entrada tem associado um trinco elétrico com a potência de 4 W.

Para estimar o consumo associado ao vídeo porteiro foi considerada a utilização média diária do prédio, e que o trinco elétrico fica ativo durante 5 segundos (0,0014 horas) cada vez que é acionado, obtendo-se a tabela seguinte:

Tabela 2 – Utilização do vídeo porteiro (Entrada A)

Utilizadores da entrada A	Número de pessoas	Nº de vezes que utilizam os serviços comuns	Nº Vezes que utilizam a porta de entrada (*)	Horas de utilização
Residentes em T3	28	4	2	0,08
Residentes em T2	21	4	2	0,06
Visitas	4	2	4	0,02

(*) Assume-se que nas outras vezes que utilizam os serviços comuns saem ou entram pela garagem

Como cada trinco elétrico tem uma potência de 4 W, podemos obter o consumo estimado através do cálculo seguinte:

Consumo estimado anual (kWh) para a entrada A = $(2,5 \times 24 \times 365 + 4 \times 0,16 \times 365) / 1000 \approx 22$ kWh, o que equivale a 0,3 % do consumo do contador dos serviços comuns dessa entrada.

Como o tipo de utilização do edifício na entrada B é semelhante ao da entrada A, assume-se que no vídeo porteiro tenha sido também utilizado 0,3 % do consumo total de energia do contador associado aos serviços comuns.

Pelo facto de o consumo ser bastante reduzido em relação ao global, também não vai ser considerado nos cálculos seguintes.

5. Módulo II – Iluminação

A iluminação tem um peso muito significativo na totalidade do consumo de energia elétrica do sector doméstico e no sector dos serviços, 12% e 20%, respetivamente. Este peso da iluminação na sociedade não deixa de constituir um desafio para a aplicação de medidas de eficiência energética, face ao potencial de economia que representa e que urge aproveitar [1].

Existem hoje em dia, na área da iluminação e para o mesmo tipo de utilização, alternativas no mercado com diferentes níveis de eficiência energética. A aplicação de uma taxa sobre as lâmpadas de baixa eficiência, é uma medida que promove a utilização mais racional da energia e visa motivar o cidadão para uma opção mais eficiente e globalmente mais económica e, ainda, compensar os custos decorrentes do consumo ineficiente de energia que essas lâmpadas imputam ao ambiente. Este foi objetivo da publicação do Decreto-Lei Nº 108/2007, de 12 de Abril [1].

Neste módulo vai ser analisada a parte associada a iluminação na parte comum do edifício, descrevendo a situação atual e referindo propostas de alteração associadas a um estudo de viabilidade económica para se comprovar se eventualmente se justifica a alteração a curto/médio prazo.

5.1. Situação atual

Este edifício não possui iluminação natural na parte comum das escadas, sendo a iluminação destas efetuada através de luminárias com lâmpadas incandescentes de 60 W comandadas por um automático de escada, em que independentemente do piso em que as pessoas se encontrem ligam as 9 lâmpadas existentes em cada entrada, perfazendo um total de 540 W por entrada.

Na figura seguinte está o exemplo de uma luminária de teto existente.



FIGURA 6 – Luminária de teto existente

Na parte comum das garagens são utilizadas 5 lâmpadas fluorescentes de 36 w por piso, sendo estas do tipo T8 e de cor fria ($T_c > 5000^{\circ}\text{k}$), com balastro eletromagnético, também comandadas por automático de escada independente por piso. Devido ao tipo de balastro utilizado (bastantes perdas) a potencia absorvida pelo conjunto lâmpada + balastro irá totalizar 47 W por armadura, perfazendo um total 470 W (235 W por piso).

A seguir é mostrado um esquema unifilar dos circuitos de iluminação do prédio e tipo de lâmpadas para melhor enquadramento.

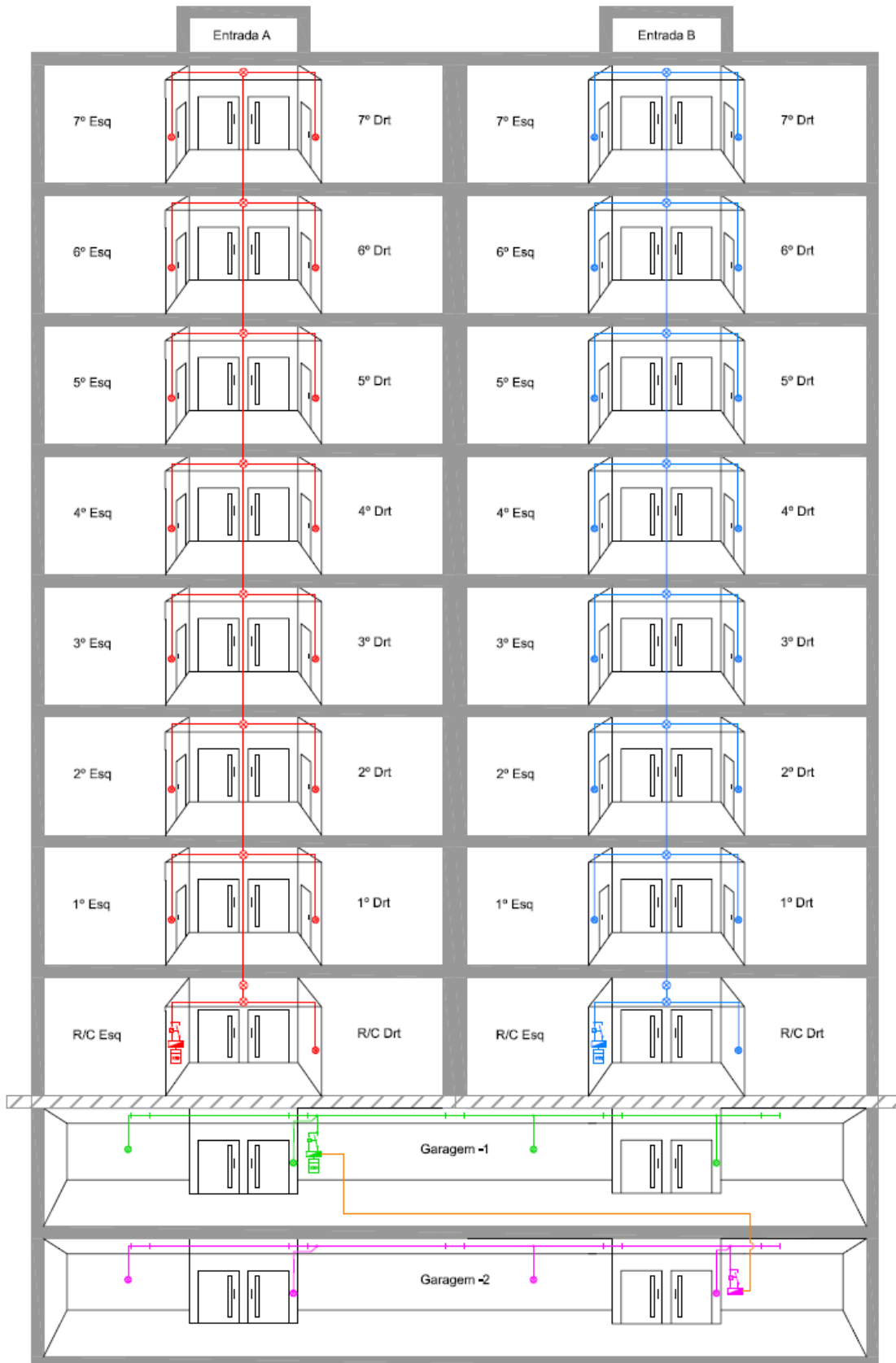


FIGURA 7 – Circuitos de iluminação existentes

A tabela seguinte mostra um resumo da potência instalada na iluminação do edifício.

Tabela 3 – Potência instalada

Contador	Tipo de Lâmpadas	Potência (W)	Número de Lâmpadas	Potência Total
SC EA	Incandescentes	60	9	540
SC EB	Incandescentes	60	9	540
GARs	Fluorescentes	47	10	470

Com base nos dados calculados anteriormente vai ser estimado o número de horas que cada lâmpada esta ligada anualmente.

Podemos concluir (estimativa) que na iluminação das garagens foram gastos durante um ano 606 kWh (675-69).

Com o consumo estimado e a potência instalada obtemos o número de horas de utilização, de acordo com os cálculos seguintes:

Horas de utilização anuais = $606000 / 470 \approx 1289$, o que equivale a 3,5 horas de utilização diária, correspondendo aproximadamente 1,76 horas a cada piso.

Para o cálculo associado à iluminação dos serviços comuns foi construída a tabela seguinte, considerando a utilização média diária do prédio e pelo facto de o automático de escada estar ligado durante 90 segundos (0,025 horas) cada vez que é acionado:

Tabela 4 – Utilização da iluminação do prédio (Entrada A)

Utilizadores da entrada A	Número de pessoas	Nº de vezes que utilizam os serviços comuns	Horas utilizadas na iluminação
Residentes em T3	28	4	2,8
Residentes em T2	21	4	2,1
Visitantes	4	2	0,2

Como tem uma potência instalada de 540 W, podemos obter o consumo estimado através do cálculo seguinte:

Consumo estimado anual (kWh) para a entrada A = $540 \times 5,1 \times 365 / 1000 \approx 1005$ kWh, o que equivale a 14 % do consumo dos serviços comuns dessa entrada.

Como a entrada B tem um consumo inferior, e o tipo de utilização do edifício desta entrada é semelhante ao da entrada A, assume-se que em iluminação tenha sido também utilizado 14 % do consumo total de energia do contador associado aos serviços comuns.

Com base no referido e também com a percentagem associada a cada tarifa (vazio e fora do vazio) referida na tabela 1, obtiveram-se os valores seguintes relativos à utilização/consumo anual:

Tabela 5 – Consumo estimado na iluminação

Contador	Tipo de Lâmpadas	Potência Total (W)	Utilização Anual (Horas)	Consumo Total (KWh)	Consumo Vazio (KWh)	Consumo Fora do Vazio (KWh)
SC EA	Incandescentes	540	1862	1005	261	744
SC EB	Incandescentes	540	1454	785	196	589
GARs	Fluorescentes	470	1289	606	-	-

No caso dos serviços comuns, estão a ser utilizadas lâmpadas com uma eficiência muito baixa em que grande parte da energia consumida é convertida em calor, e também está a haver muito desperdício de energia pelo facto se serem ligadas as 9 lâmpadas em simultâneo quando na realidade as pessoas só se encontram em um piso.

Em relação às garagens já estão a ser utilizadas lâmpadas mais eficientes, mas ainda existem melhorias que se possam implementar, como por exemplo recorrendo a novas lâmpadas economizadoras MASTER TL-D Eco/TL5 Eco ou equivalentes, que melhoram a eficiência energética e a qualidade da iluminação numa aplicação de interior de fluorescência. Também a utilização de balastros eletrónicos supõe uma poupança aproximada de 25% de energia comparativamente com equipamento eletromagnético equivalente. Esta poupança é conseguida graças ao facto dos equipamentos eletrónicos funcionarem a alta frequência e com menores perdas térmicas.

Pelo exposto e de forma a aumentar a eficiência energética foi efetuado um estudo das lâmpadas existentes no mercado e respetiva eficiência para avaliar o modelo mais adequado para a remodelação do edifício.

5.2. Estudo do tipo de lâmpadas existentes

O consumo médio anual em iluminação por unidade de alojamento é de cerca de 370 kWh, equivalente a 12% do consumo de eletricidade no sector residencial. No entanto, este é um uso com enorme potencial de economias de energia, não apenas pelo uso de equipamentos mais eficientes, como também pela utilização da iluminação natural.

A UE estabeleceu novos requisitos de eficiência energética que têm de ser cumpridos para todas as lâmpadas produzidas para o mercado da UE a partir de 1 de Setembro de 2009.

As tradicionais lâmpadas incandescentes e de halogéneo serão gradualmente retiradas do mercado até finais de 2012.

Contudo, foi tomado o devido cuidado para assegurar que os consumidores encontrem lâmpadas alternativas com a mesma qualidade de luz ou com maiores poupanças de energia.

Existem muitas alternativas que oferecem a mesma qualidade de luz e poupanças energéticas superiores, incluindo:

- Lâmpadas fluorescentes tubulares
- Lâmpadas fluorescentes compactas
- Díodos emissores de luz (LEDs).

A seguir vai ser descrito o tipo de lâmpadas existente no setor residencial, mas para as podermos avaliar convém saber alguns conceitos fundamentais de luminotecnia que facilitem a sua comparação, sendo eles os seguintes:

- **Fluxo luminoso** - O fluxo luminoso é a quantidade de luz emitida por uma fonte, medida em lúmens, na tensão nominal de funcionamento, a unidade é o lúmen (lm);
- **Intensidade luminosa** - é o fluxo Luminoso irradiado na direção de um determinado ponto, a unidade é a candela (cd);
- **Iluminância** - indica o fluxo luminoso de uma fonte de luz que incide sobre uma superfície situada a uma certa distância desta fonte, na prática, é a quantidade de luz dentro de um ambiente, e pode ser medida com o auxílio de um luxímetro, a unidade é o lux (lx);
- **Luminância** - é a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície existente, a unidade é a candela por metro quadrado (cd/m²);
- **Rendimento luminoso** - indica o quociente entre o fluxo luminoso emitido pela lâmpada e a potência elétrica absorvida, a unidade é o lúmen/Watt (lm/w);
- **Temperatura de Cor** - indica a cor aparente da luz emitida, ao aumentar a temperatura de cor, a cor da luz emitida passa de uma tonalidade quente a uma tonalidade mais fria, quanto mais alta a temperatura de cor, mais clara é a tonalidade de cor da luz, quando falamos em luz quente ou fria, não nos estamos a referir ao calor físico da lâmpada, e sim a tonalidade de cor que ela apresenta ao ambiente, luz com tonalidade de cor mais suave torna-se mais aconchegante e relaxante, luz mais clara mais estimulante, a sua unidade de medida é o Kelvin (K);
- **Índice restituição de cores (IRC)** - indica a capacidade de uma fonte luminosa restituir fielmente as cores de um objeto ou de uma superfície iluminada, é expressa por um número compreendido entre 0 e 100, sendo no caso ideal igual a 100;
- **Duração média** – indicada pelo fabricante, e refere-se ao número de horas após as quais 50% de um lote significativo de lâmpadas ligadas deixa de emitir fluxo luminoso, a sua unidade de medida é em horas (h).

5.2.1. Lâmpadas incandescentes

Numa lâmpada incandescente, um filamento (normalmente de tungsténio) é atravessado por uma corrente elétrica atingindo uma temperatura elevada, o que provoca a emissão de luz visível. As lâmpadas incandescentes são as mais baratas mas apresentam uma eficiência muito reduzida. Com efeito, apenas cerca de 5% da eletricidade consumida é convertida em luz, sendo a restante convertida em calor.

Este tipo de lâmpada está ainda muito presente nas habitações, mas é no entanto o tipo de iluminação com menos eficiência luminosa (8 a 15 lm/W) e com o menor tempo de vida média (cerca de 1 000 horas).

A sua elevada ineficiência conduziu a que a União Europeia aprovasse uma diretiva com o objetivo de retirar estas lâmpadas do mercado. Este processo teve início em 2009 com o seguinte calendário de proibição de venda [3]:

- Lâmpadas acima de 80W proibidas a partir de 1 de Setembro 2009;
- Lâmpadas acima de 65W proibidas a partir de 1 de Setembro 2010;
- Lâmpadas acima de 45W proibidas a partir de 1 de Setembro 2011;
- Lâmpadas acima de 7W proibidas a partir de 1 de Setembro 2012.



FIGURA 8 – Lâmpada incandescente [16]

5.2.2. Lâmpadas fluorescentes tubulares

Estas lâmpadas são muito utilizadas pois proporcionam uma boa iluminação com pouca potência e baixo consumo energético, sendo as mais adequadas para locais com necessidades de iluminação por longos períodos de tempo.

Estas lâmpadas têm uma elevada eficiência luminosa (58 a 93 Lm/w), e um período de vida muito elevado (12000 a 18000 horas), permitindo economizar energia até 85%, dependendo do modelo e da potência [3].

Neste âmbito também a tecnologia tem vindo a evoluir, desde as primeiras lâmpadas fluorescentes do Tipo T12, até às atuais T8 e T5, sendo as T5 a última tecnologia e as mais eficientes.

A seguir vai ser efetuada uma breve descrição deste tipo de lâmpadas:

- **Tipo T12** – Tinham um tubo de descarga de 38 mm de diâmetro e utilizavam um pó fluorescente comum, o seu balastro era eletromagnético com grandes perdas de energia;
- **Tipo T8** – O tubo de descarga tem 26 mm de diâmetro, são tri-fosfóricas e tem apenas 3 mg de mercúrio, tanto podem utilizar balastros eletromagnéticos como eletrónicos, apesar de os balastros eletromagnéticos também já terem evoluído e serem mais eficientes, não conseguem ter a eficiência dos balastros eletrónicos;
- **Tipo T5** - Têm um tubo de descarga com 16 mm de diâmetro, e utilizam um novo pó tri-fosforo que garante um melhor rendimento e uma melhor restituição de cores. Funcionam somente com balastro eletrónico e permitem economizar cerca de 25 % de energia em relação às tradicionais T8 com balastro eletromagnético.



FIGURA 9 – Lâmpadas fluorescentes tubulares [32]

Os balastros eletromagnéticos são constituídos por um núcleo laminado de aço silício (com baixas perdas) e bobinas de fio de cobre esmaltado.

Os balastros eletrônicos são constituídos por condensadores e bobinas para alta frequência, resistências, circuitos integrados e outros componentes eletrônicos. Trabalham em alta frequência (de 20 KHz a 50 KHz), e proporcionam maior fluxo luminoso com menor potência de consumo, transformando assim os balastros eletrônicos em produtos economizadores de energia e com maior eficiência que os balastros eletromagnéticos.

Vantagens dos balastros eletrônicos:

- Dispensa a utilização do arrancador, permitindo que a lâmpada emita o fluxo luminoso quase de imediato;
- São mais leves;
- Convertendo a frequência standard de 50 Hz em alta frequência, geralmente de 25 kHz a 50 kHz, melhoram o rendimento das lâmpadas produzindo a mesma quantidade de luz, com um consumo de 12 a 25 % mais baixo;
- Eliminação do flicker (numa lâmpada funcionando a 50 Hz a luz extingue-se duas vezes por ciclo na passagem da corrente por zero, isto produz o flicker, o qual provoca cansaço visual, produz também o efeito estroboscópico, com efeitos potencialmente perigosos no caso de existirem máquinas rotativas. Com o funcionamento da lâmpada a alta frequência a emissão de luz é contínua, eliminando-se portanto o flicker);
- Permitem a regulação do fluxo luminoso.

Tabela 6 – Características das lâmpadas tubulares T8 e T5 [36]

Tipos de lâmpadas tubulares	Potência (W)	Fluxo luminoso (lm)	Potência (lâmpadas tubulares+balastro) (W)	Eficiência da luz (lm/W)
T8 (balastro de indutância)	18	1100	27	40.7
	36	2800	47	59.6
	58	4600	71	64.8
T5 (balastro eletrônico)	14	1150	18	63.9
	21	2100	25	84
	28	2900	32	90.6
	35	3650	39	93.6

5.2.3. Lâmpadas fluorescentes compactas (LFC)

As LFCs são tubos de lâmpadas fluorescentes que usam entre 65% e 80% menos energia que as lâmpadas incandescentes, a sua eficiência luminosa é bastante boa (55 a 65 Lm/w). São conhecidas por serem “economizadoras” e têm um número elevado de horas de utilização (6000 a 15000 horas), e já estão preparadas para um número elevado de ciclos de ligar e desligar. Existem modelos de várias formas e também estão disponíveis com um revestimento externo que esconde os tubos e as torna mais parecidas com as lâmpadas incandescentes [18].



FIGURA 10 – Lâmpadas fluorescentes compactas [19]

5.2.4. Lâmpadas de halogéneo

As lâmpadas de halogéneo têm estado a ter uma melhoria na sua eficiência luminosa 15 a 25 Lm/w). Atualmente já existem lâmpadas 20 a 60% mais eficientes que as tradicionais, e com um tempo de vida útil também superior que pode atingir as 5000 horas de utilização [3].

Como as lâmpadas de incandescentes, estas também possuem um filamento que emite luz com a passagem da corrente elétrica. Parte do filamento, que é constituído por átomos de tungsténio, evapora-se durante o processo. Nas lâmpadas de incandescência convencionais, os átomos de tungsténio depositam-se na superfície interna da ampola, o que significa que a ampola deverá ser suficientemente grande para evitar o seu rápido escurecimento. Já as lâmpadas de halogéneo, são preenchidas com gases inertes e halogéneo (iodo, cloro, bromo) que capturam os átomos de tungsténio e os transportam de volta para o filamento. Com isto, o tamanho da lâmpada pode ser reduzido significativamente, emitindo uma luz mais brilhante e tendo uma maior durabilidade [33].

Em termos de economia, as lâmpadas de halogéneo oferecem mais luz com potência menor ou igual à das incandescentes comuns.



FIGURA 11 – Lâmpadas de halogénio [20]

5.2.5. Díodos emissores de luz (LEDs)

Os LEDs são uma tecnologia emergente de rápida evolução e a sua eficácia está a par com a das LFCs, e a redução do consumo de energia elétrica na iluminação passa indiscutivelmente pela utilização de LEDs.

No futuro próximo, é provável que se tornem numa alternativa para toda a gama de lâmpadas.

Os LEDs podem ser de baixa (0,1W), média (0,2W a 0,5W) e de alta potência (acima de 0,5W). Em geral, os de baixa e média potência são utilizados para sinalização e efeitos decorativos. Os de alta potência já podem ser aplicados em iluminação [33].

Se forem comparados com uma lâmpada incandescente comum, o LED não tem filamento e o seu funcionamento é muito diferente. A luz gerada pelo LED é originada pelo movimento dos eletrões dentro do material semicondutor, devido à pequena corrente elétrica que o percorre, ao ser-lhe aplicada uma tensão [33].

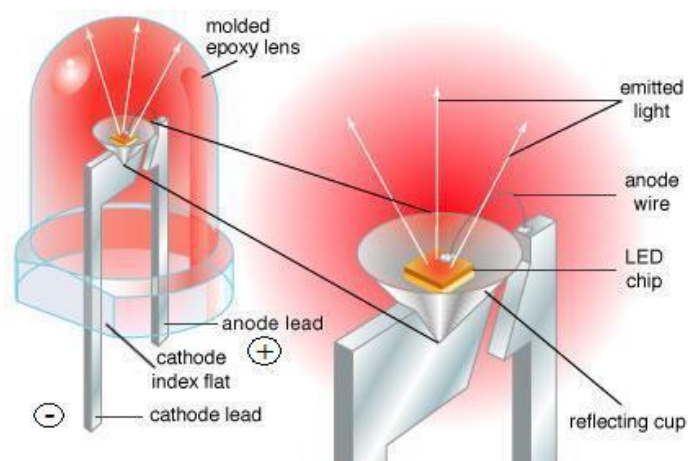


FIGURA 12 – Diodo emissor de luz (LED) [35]

Um LED emite luz quando está polarizado diretamente ou seja, o ânodo (+) está positivo em relação ao cátodo (-), quando polarizado inversamente não acende.

O LED trabalha com tensões muito baixas e a sua alimentação precisa de ser em corrente contínua e não em corrente alternada como é o caso da corrente que circula na instalação de nossas casas. Por isso é sempre necessário o uso de um interface que converta as características de alimentação que temos nas nossas casas para um padrão adequado ao funcionamento do LED.

Uma lâmpada LED na realidade é um conjunto de vários LEDs, em geral ligados em serie com um sistema acoplado que converta a corrente alternada em corrente contínua e que limite o valor da corrente para o valor nominal dos LEDs. Na figura seguinte é mostrado um esquema de uma lâmpada LED:

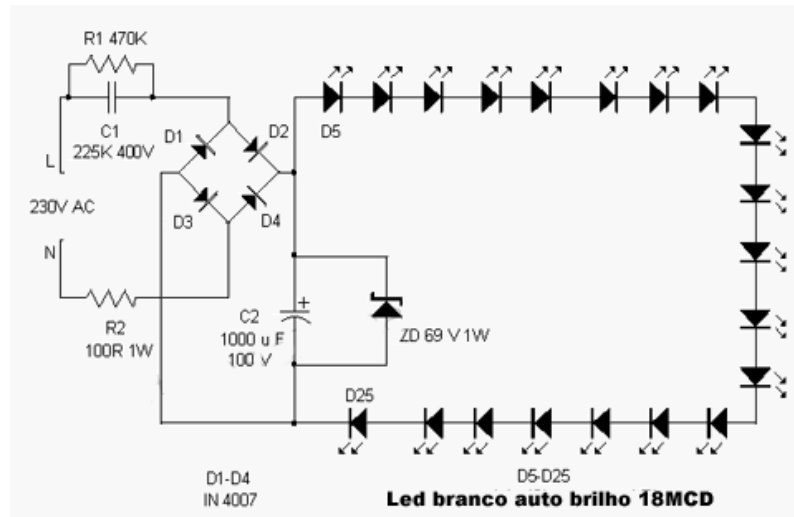


FIGURA 13 – Esquema interno de uma lâmpada LED [34]

A luz emitida por um LED é praticamente monocromática, sendo possível fabricá-los com luz de diferentes cores, alterando a composição química do material semiconductor. Os LEDs mais comuns são feitos em ligas de:

- Gálio (Ga);
- Arsénio (As);
- Alumínio (Al);
- Índio (In);
- Nitride (N);
- Fósforo (P).

A emissão da luz de cor branca pode ser feita mediante a mistura de vermelho, verde e azul (RGB) podendo-se conseguir qualquer cor, incluindo o branco. O RGB (Red Green Blue) é a tecnologia capaz de emitir luz numa variedade quase infinita de cores a partir da combinação das três cores fundamentais [33].

Atualmente já existem LEDs com potências equivalentes às lâmpadas incandescentes. Estas lâmpadas têm um preço mais elevado que as lâmpadas fluorescentes compactas, mas têm um período de vida muito superior (20000 a 50000 horas).



FIGURA 14 – Lâmpadas LED [20]

5.2.6. Etiquetagem energética

A etiquetagem energética de equipamentos domésticos foi criada pela Comissão Europeia para informar os consumidores sobre os desempenhos energéticos dos eletrodomésticos, em termos de consumo de eletricidade e nalguns casos também de água, de modo a tornar possível efetuar a comparação entre os diversos modelos existentes no mercado. As informações fornecidas pela etiqueta energética ajudam os consumidores a realizar uma escolha racional com repercussões na diminuição da fatura elétrica, contribuindo ao mesmo tempo para a preservação do meio ambiente [21].

A etiqueta energética garante também uma vantagem comercial aos fabricantes que produzem aparelhos eficientes e penaliza aqueles que não promovem a eficiência energética dos seus produtos. É assim um instrumento de política energética, que permite alargar as áreas de decisão dos consumidores no processo de aquisição dos equipamentos, contribuindo para o aumento da penetração dos equipamentos mais eficientes, melhorando a qualidade do parque instalado, com repercussão na redução dos consumos energéticos [21].

A etiquetagem energética está consagrada na Diretiva Quadro Europeia (92/75/CEE) e nas subsequentes diretivas para cada família de equipamentos. É baseada em categorias pré-definidas de A (melhor índice de eficiência energética) a G (pior índice), sendo de afixação obrigatória em todos os equipamentos abrangidos, desde que estejam expostos ao público. Estes índices de eficiência são obtidos através de ensaios laboratoriais realizados de acordo com normas técnicas específicas para cada tipo de equipamento. Para além dos dados energéticos encontram-se também indicados outros parâmetros que revelam um conjunto de características técnicas das diferentes famílias de equipamentos. Os dados existentes na etiqueta são da responsabilidade dos fabricantes sendo a sua colocação da responsabilidade da entidade que os comercializa [21].

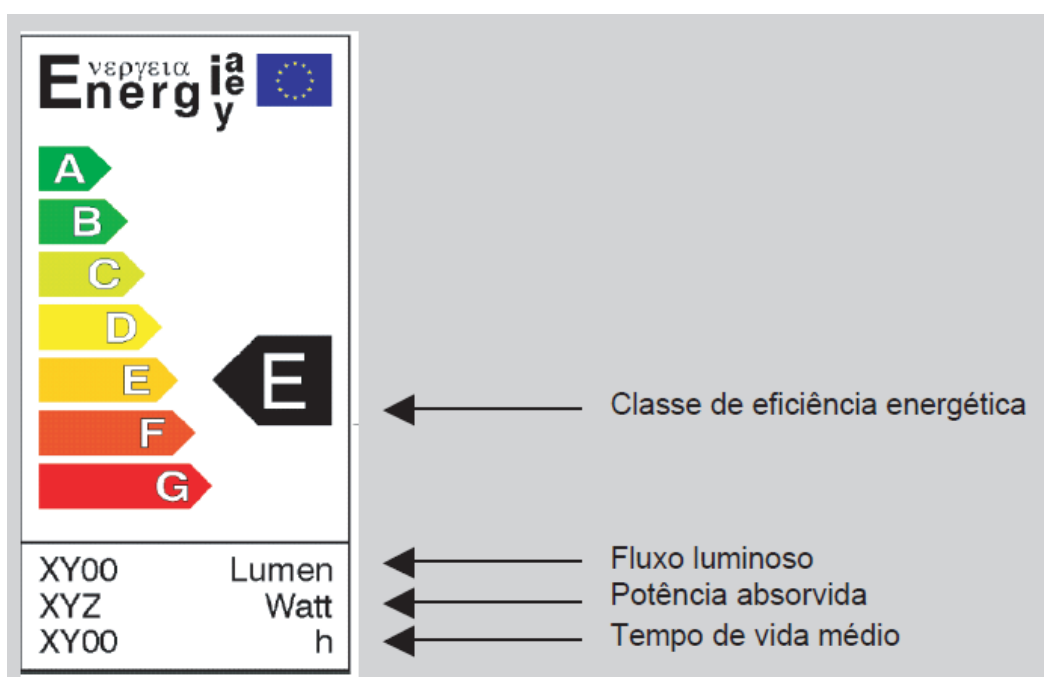


FIGURA 15 – Etiqueta energética para as lâmpadas [21]

O Decreto-Lei n.º 18/2000 de 29 de Fevereiro transcreveu para o direito interno os requisitos da etiquetagem energética das lâmpadas elétricas para uso doméstico, proporcionando aos consumidores uma escolha mais racional deste tipo de equipamento. Esta etiqueta fornece a seguinte informação [21]:

- Classe de eficiência energética;
- Fluxo luminoso em lúmenes (lm);
- Potência absorvida pela lâmpada em Watt (W);
- Duração de vida da lâmpada, i.e. o período depois do qual 50% das lâmpadas já não funcionam.

5.2.7. Resumo do tipo de lâmpadas

Conforme se pode verificar na tabela seguinte as lâmpadas mais eficientes são fluorescentes tubulares, e as menos eficientes as incandescentes, já as LEDs são as que têm maior durabilidade.

Tabela 7 – Resumo do tipo de lâmpadas

Tipo de Lâmpadas	Potência (w)	Eficiência luminosa (Lm/w)	Tempo de vida médio (Horas)
Incandescentes	15 a 2000	8 a 15	até 1000
Halogéneo	20 a 2000	15 a 25	2000 a 5000
Fluorescentes Compactas (LFCs)	7 a 23	55 a 65	6000 a 15000
Diodos emissores de luz (LEDs)	1 a 12	40 a 80	20000 a 50000
Fluorescentes Tubulares	15 a 58	58 a 93	12000 a 18000

5.3. Situação proposta

Face ao exposto no ponto anterior verificamos que a utilização de lâmpadas incandescentes é mesmo desaconselhada, e nas garagens apesar do tipo iluminação utilizado já ser eficiente, já existem novas tecnologias semelhantes que permitem economizar muito mais energia, pelo exposto, irão ser propostas alternativas que vão desde a simples substituição das lâmpadas até à substituição das luminárias que incluam sensor de movimento.

5.3.1. Garagens

Para este local propõe-se a substituição das lâmpadas atuais, por fluorescentes do tipo T5, com fluxo luminoso equivalente às atuais. De acordo com a tabela 6 seriam lâmpadas de 28 W, em que o conjunto (lâmpada + balastro) corresponderia a 32 W de potência.

Como este tipo de lâmpadas tem um comprimento menor, implicaria a substituição da armadura, o que tornaria a remodelação mais cara.

Mas após pesquisa no mercado constatou-se a existência de eco-tubos que permitem de uma forma fácil e comoda a substituição das atuais lâmpadas fluorescentes, por umas com a tecnologia T5, para o efeito basta na maioria das situações retirar o arrancador.

Tabela 8 – Características da fluorescente selecionada

Tipo de Lâmpadas	Potência Lâmpada (w)	Potência consumida pelo balastro (W)	Eficiência luminosa	Tempo de vida (Horas)	Preço (€) Lâmpada+Ecotubo
Fluorescentes Tubulares (T5)	28	4	90,6	18000	34,5

Este tipo de equipamento consiste num adaptador com o balastro eletrónico incorporado, com a dimensão das lâmpadas da tecnologia T5.



FIGURA 16 – Eco-tubo [38]

Utilizando este tipo de lâmpadas mais eficientes reduzia-se o consumo significativamente, de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 9 – Consumo com a utilização de lâmpadas fluorescentes T5

Contador	Tipo de Lâmpadas	Potência Total (W)	Utilização Anual (Horas)	Consumo Anual Total (KWh)
GARs	Fluorescente T5	320	1289	412

5.3.2. Serviços comuns

Nos serviços comuns é o local aonde se esta a desperdiçar mais energia, desde a utilização de lâmpadas pouco eficientes, até à gestão dos locais a iluminar. Face ao exposto vão ser propostas duas alternativas, uma mais simples que consiste na substituição das lâmpadas atuais por umas mais eficientes, e outra mais dispendiosa que além das lâmpadas também inclui a substituição das luminárias por umas com sensor de movimento.

5.3.2.1. Alternativa 1

Esta alternativa consiste somente na substituição do tipo de lâmpada mantendo as luminárias existentes cujo tipo de suporte é o E27, sendo que neste âmbito poderá adotar-se por utilizar LFCs ou LEDs, pelo que foram selecionadas as lâmpadas com as características seguintes:

Tabela 10 – Características da lâmpadas selecionadas

Tipo de Lâmpadas	Potência (w)	Fluxo Luminoso (Lm)	Eficiência luminosa (Lm/w)	Tempo de vida (Horas)	Preço (€)
Fluorescentes Compactas (LFCs)	11	605	55	10000	4,6
Diodos Emissores de Luz (LEDs)	9	700	78	25000	57,86

Utilizando este tipo de lâmpadas mais eficientes reduzia-se o consumo significativamente, de acordo com as tabelas seguintes:

Tabela 11 – Consumos com a utilização de LFCs

Contador	Tipo de Lâmpadas	Potência Total (W)	Utilização Anual (Horas)	Consumo Anual Total (KWh)	Consumo Anual Vazio (KWh)	Consumo Fora do Vazio (KWh)
SC EA	LFCs	99	1862	184	48	136
SC EB	LFCs	99	1454	144	36	108

Tabela 12 – Consumos com a utilização de LEDs

Contador	Tipo de Lâmpadas	Potência Total (W)	Utilização Anual (Horas)	Consumo Anual Total (KWh)	Consumo Anual Vazio (KWh)	Consumo Fora do Vazio (KWh)
SC EA	LEDs	81	1862	151	39	112
SC EB	LEDs	81	1454	118	29	88

5.3.2.2. Alternativa 2

Com esta alternativa pretende-se efetuar um estudo que alem da substituição das lâmpadas atuais por umas mais económicas, também inclua a substituição das luminárias por outras com sensor de movimento incorporado, com ângulo de deteção de 360°, de forma a ligarem somente as luminárias onde se encontrem pessoas a circular permitindo assim uma redução de consumo significativo.

Após pesquisa no mercado foi selecionada uma luminária, com as seguintes especificações:

Alimentação: 220-240 V/AC, 50/60 Hz

Gama de deteção: 120° x 360°

Distância de deteção: 6m (MAX < 24° C)

Potência Nominal: 50 W (MAX)

Temperatura de funcionamento: - 10° C a + 40° C

Tempo duração ligado: 5-480s (ajustável)

Luminosidade ambiente: <5Lux – Luz do dia (ajustável)

Classe de Proteção: IP20

Preço: 30 €

Ao utilizar-se este tipo de luminárias a potência consumida vai ser reduzida para 11 W no caso das LFCs e para 9 W no caso dos LEDs, dado que a iluminação só é activada onde se encontrem pessoas, obtendo-se os consumos das tabelas seguintes:

Tabela 13 – Consumos com a utilização de LFCs e luminárias com sensor de movimento

Contador	Tipo de Lâmpadas	Potência Total (W)	Utilização Anual (Horas)	Consumo Anual Total (KWh)	Consumo Anual Vazio (KWh)	Consumo Fora do Vazio (KWh)
SC EA	LFCs	11	1862	20	5	15
SC EB	LFCs	11	1454	16	4	12

Tabela 14 – Consumos com a utilização de LEDs e luminárias com sensor de movimento

Contador	Tipo de Lâmpadas	Potência Total (W)	Utilização Anual (Horas)	Consumo Anual Total (KWh)	Consumo Anual Vazio (KWh)	Consumo Fora do Vazio (KWh)
SC EA	LEDs	9	1862	17	4	12
SC EB	LEDs	9	1454	13	3	10

Com esta alternativa além de reduzirmos o consumo, também aumentamos a durabilidade das lâmpadas, pois o número de horas de utilização vai ser repartido aleatoriamente pelas 9 lâmpadas de cada entrada, diminuindo também o número de ciclos de ligar/desligar, fatores que contribuem para uma maior longevidade das lâmpadas.

5.4. Estudo de Viabilidade económica

Já se verificou que conseguimos reduzir o consumo alterando o tipo de lâmpadas, e reduzir ainda mais alterando também as luminárias, mas ainda não se verificou se o investimento é viável.

Para efeitos de estudo de viabilidade económica vai ser utilizado o preço do kWh previsto no ponto 2 (Enquadramento energético do setor elétrico).

Com base nos dados calculados anteriormente vai-se confirmar até que ponto se justifica o investimento financeiramente, pelo que, nas tabelas seguintes já poderemos tirar algumas conclusões.

No caso das garagens, com o tipo de lâmpadas propostas, o investimento é recuperado ao fim de 8 anos, conforme se pode verificar na tabela seguinte:

Tabela 15 – Estudo de viabilidade económica das garagens

Utilização de fluorescentes T5 (Garagens)							
Ano	Preço do KW/h (€)	Horas de utilização acumuladas	Situação actual		Utilização de fluorescentes T5		
			Investimento (€)	Custos em energia (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)
2011	0,1781	1289	28,40	107,93	345,00	0,00	-345,00
2012	0,1852	2578	0,00	112,25	0,00	76,31	-309,07
2013	0,1926	3867	0,00	116,74	0,00	79,37	-271,69
2014	0,1965	5156	0,00	119,07	0,00	80,95	-233,58
2015	0,2004	6445	0,00	121,45	0,00	82,57	-194,69
2016	0,1994	7734	0,00	120,86	0,00	82,17	-156,00
2017	0,2054	9023	0,00	124,49	0,00	84,64	-116,15
2018	0,2116	10312	34,93	128,22	0,00	87,17	-40,17
2019	0,2143	11601	0,00	129,87	0,00	88,29	1,40
2020	0,2207	12890	0,00	133,76	0,00	90,94	44,23
2021	0,2274	14179	0,00	137,78	0,00	93,67	88,33
2022	0,2342	15468	0,00	141,91	0,00	96,48	133,76
2023	0,2351	16757	0,00	142,45	0,00	96,85	179,37
2024	0,2421	18046	0,00	146,72	100,00	99,75	126,34
2025	0,2494	19335	0,00	151,13	0,00	102,75	174,72
2026	0,2569	20624	44,25	155,66	0,00	105,83	268,80

Conforme se pode verificar na tabela seguinte, é óbvio que a substituição das lâmpadas existentes por LFCs só trás vantagens e o investimento é recuperado ao final de 1 ano. Apesar da substituição por LEDs também ser vantajosa e ser recuperado o investimento ao final de 4 anos, em contrapartida ao final de 15 anos ainda é mais vantajoso a utilização de LFCs.

Tabela 16 – Estudo de viabilidade económica (Alternativa 1 - Entrada A)

SC EA - Iluminação associada aos serviços comuns da entrada A (Alternativa 1)											
Ano	Preço do KW/h (€)		Horas de utilização acumuladas	Situação actual		Utilizando LFCs			Utilizando LEDs		
	Vazio	Fora do Vazio		Investimento (€)	Custos em energia (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)
2011	0,0957	0,1781	1862	25,14	157,49	41,40	0,00	-41,40	520,74	0,00	-520,74
2012	0,0995	0,1852	3724	25,89	163,78	0,00	29,97	118,31	0,00	24,63	-355,69
2013	0,1035	0,1926	5586	26,67	170,34	0,00	31,17	284,15	0,00	25,61	-184,30
2014	0,1056	0,1965	7448	27,47	173,74	0,00	31,79	453,57	0,00	26,12	-9,21
2015	0,1077	0,2004	9310	28,29	177,22	0,00	32,43	626,65	0,00	26,65	169,65
2016	0,1072	0,1994	11172	29,14	176,35	47,99	32,27	751,89	0,00	26,52	348,63
2017	0,1104	0,2054	13034	30,01	181,64	0,00	33,24	930,31	0,00	27,31	532,98
2018	0,1137	0,2116	14896	30,92	187,09	0,00	34,23	1114,09	0,00	28,13	722,85
2019	0,1151	0,2143	16758	31,84	189,49	0,00	34,67	1300,75	0,00	28,49	915,70
2020	0,1186	0,2207	18620	32,80	195,18	0,00	35,71	1493,02	0,00	29,35	1114,33
2021	0,1222	0,2274	20482	33,78	201,03	55,63	36,78	1635,42	0,00	30,23	1318,92
2022	0,1258	0,2342	22344	34,80	207,07	0,00	37,89	1839,39	0,00	31,13	1529,64
2023	0,1263	0,2351	24206	35,84	207,86	0,00	38,03	2045,06	250,00	31,25	1492,08
2024	0,1301	0,2421	26068	36,91	214,09	0,00	39,17	2256,89	0,00	32,19	1710,90
2025	0,1340	0,2494	27930	38,02	220,51	0,00	40,35	2475,08	0,00	33,16	1936,28
2026	0,1380	0,2569	29792	39,16	227,13	64,49	41,56	2635,32	0,00	34,15	2168,42

Tabela 17 – Estudo de viabilidade económica (Alternativa 1 - Entrada B)

SC EB - Iluminação associada aos serviços comuns da entrada B (Alternativa 1)											
Ano	Preço do KW/h (€)		Horas de utilização acumuladas	Situação actual		Utilizando LFCs			Utilizando LEDs		
	Vazio	Fora do Vazio		Investimento (€)	Custos em energia (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)
2011	0,0957	0,1781	1454	21,08	123,93	41,40	0,00	-41,40	520,74	0,00	-520,74
2012	0,0995	0,1852	2908	21,72	128,89	0,00	23,59	85,62	0,00	19,19	-389,32
2013	0,1035	0,1926	4362	22,37	134,05	0,00	24,53	217,50	0,00	19,95	-252,86
2014	0,1056	0,1965	5816	23,04	136,73	0,00	25,02	352,24	0,00	20,35	-113,45
2015	0,1077	0,2004	7270	23,73	139,46	0,00	25,52	489,91	0,00	20,76	28,98
2016	0,1072	0,1994	8724	24,44	138,78	0,00	25,40	627,74	0,00	20,66	171,55
2017	0,1104	0,2054	10178	25,17	142,94	49,43	26,16	720,27	0,00	21,28	318,39
2018	0,1137	0,2116	11632	25,93	147,23	0,00	26,94	866,48	0,00	21,92	469,63
2019	0,1151	0,2143	13086	26,71	149,12	0,00	27,29	1015,02	0,00	22,20	623,26
2020	0,1186	0,2207	14540	27,51	153,60	0,00	28,11	1168,02	0,00	22,86	781,50
2021	0,1222	0,2274	15994	28,33	158,20	0,00	28,95	1325,61	0,00	23,55	944,49
2022	0,1258	0,2342	17448	29,18	162,95	0,00	29,82	1487,92	0,00	24,26	1112,37
2023	0,1263	0,2351	18902	30,06	163,57	0,00	29,93	1651,62	0,00	24,35	1281,65
2024	0,1301	0,2421	20356	30,96	168,48	60,79	30,83	1759,43	0,00	25,08	1456,01
2025	0,1340	0,2494	21810	31,89	173,53	0,00	31,76	1933,10	0,00	25,83	1635,60
2026	0,1380	0,2569	23264	32,85	178,74	0,00	32,71	2111,98	0,00	26,61	1820,58

Em relação à substituição das luminárias, também se torna uma boa aposta, trazendo vantagens a médio/longo prazo, mas com valores pouco significativos, razão que não incentiva ao investimento, pois só começa a ser vantajoso em relação à simples substituição das lâmpadas a partir dos 12 anos e na situação mais favorável (Entrada A com a utilização de LFCs).

Tabela 18 – Estudo de viabilidade económica (Alternativa 2 - Entrada A)

SC EA - Iluminação associada aos serviços comuns da entrada A (Alternativa 2)											
Ano	Preço do KW/h (€)		Horas de utilização acumuladas	Situação actual		Utilizando LFCs			Utilizando LEDs		
	Vazio	Fora do Vazio		Investimento (€)	Custos em energia (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)
2011	0,0957	0,1781	1862	25,14	157,49	491,40	0,00	-491,40	970,74	0,00	-970,74
2012	0,0995	0,1852	3724	25,89	163,78	0,00	3,28	-305,00	0,00	2,62	-783,68
2013	0,1035	0,1926	5586	26,67	170,34	0,00	3,41	-111,40	0,00	2,73	-589,41
2014	0,1056	0,1965	7448	27,47	173,74	0,00	3,48	86,33	0,00	2,78	-390,98
2015	0,1077	0,2004	9310	28,29	177,22	0,00	3,54	288,30	0,00	2,84	-188,30
2016	0,1072	0,1994	11172	29,14	176,35	0,00	3,53	490,26	0,00	2,82	14,37
2017	0,1104	0,2054	13034	30,01	181,64	0,00	3,63	698,29	0,00	2,91	223,12
2018	0,1137	0,2116	14896	30,92	187,09	0,00	3,74	912,56	0,00	2,99	438,14
2019	0,1151	0,2143	16758	31,84	189,49	0,00	3,79	1130,10	0,00	3,03	656,44
2020	0,1186	0,2207	18620	32,80	195,18	0,00	3,90	1354,18	0,00	3,12	881,30
2021	0,1222	0,2274	20482	33,78	201,03	0,00	4,02	1584,97	0,00	3,22	1112,90
2022	0,1258	0,2342	22344	34,80	207,07	0,00	4,14	1822,69	0,00	3,31	1351,44
2023	0,1263	0,2351	24206	35,84	207,86	0,00	4,16	2062,23	0,00	3,33	1591,81
2024	0,1301	0,2421	26068	36,91	214,09	0,00	4,28	2308,95	0,00	3,43	1839,39
2025	0,1340	0,2494	27930	38,02	220,51	0,00	4,41	2563,08	0,00	3,53	2094,40
2026	0,1380	0,2569	29792	39,16	227,13	0,00	4,54	2824,83	0,00	3,63	2357,06

Tabela 19 – Estudo de viabilidade económica (Alternativa 2 - Entrada B)

SC EB - Iluminação associada aos serviços comuns da entrada B (Alternativa 2)											
Ano	Preço do KW/h (€)		Horas de utilização acumuladas	Situação actual		Utilizando LFCs			Utilizando LEDs		
	Vazio	Fora do Vazio		Investimento (€)	Custos em energia (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)
2011	0,0957	0,1781	1454	21,08	123,93	491,40	0,00	-491,40	970,74	0,00	-970,74
2012	0,0995	0,1852	2908	21,72	128,89	0,00	2,62	-343,41	0,00	2,15	-822,28
2013	0,1035	0,1926	4362	22,37	134,05	0,00	2,73	-189,73	0,00	2,24	-668,11
2014	0,1056	0,1965	5816	23,04	136,73	0,00	2,78	-32,74	0,00	2,28	-510,63
2015	0,1077	0,2004	7270	23,73	139,46	0,00	2,84	127,61	0,00	2,33	-349,76
2016	0,1072	0,1994	8724	24,44	138,78	0,00	2,82	288,01	0,00	2,32	-188,86
2017	0,1104	0,2054	10178	25,17	142,94	0,00	2,91	453,22	0,00	2,39	-23,12
2018	0,1137	0,2116	11632	25,93	147,23	0,00	2,99	623,39	0,00	2,46	147,58
2019	0,1151	0,2143	13086	26,71	149,12	0,00	3,03	796,19	0,00	2,49	320,92
2020	0,1186	0,2207	14540	27,51	153,60	0,00	3,12	974,17	0,00	2,56	499,47
2021	0,1222	0,2274	15994	28,33	158,20	0,00	3,22	1157,49	0,00	2,64	683,36
2022	0,1258	0,2342	17448	29,18	162,95	0,00	3,31	1346,31	0,00	2,72	872,78
2023	0,1263	0,2351	18902	30,06	163,57	0,00	3,33	1536,62	0,00	2,73	1063,68
2024	0,1301	0,2421	20356	30,96	168,48	0,00	3,43	1732,63	0,00	2,81	1260,31
2025	0,1340	0,2494	21810	31,89	173,53	0,00	3,53	1934,53	0,00	2,90	1462,83
2026	0,1380	0,2569	23264	32,85	178,74	0,00	3,63	2142,48	0,00	2,98	1671,44

6. Módulo III – Elevadores

Em 1853, o empresário americano Elis Graves Otis inventou o primeiro elevador de passageiros. Os primeiros elevadores eram muito lentos, para um passageiro alcançar o oitavo andar de um prédio, levava, em média, 2 minutos. Atualmente, alguns elevadores são capazes de atingir a velocidade de 550 m/min, o que significa dizer que são mais de 45 vezes mais rápidos do que os seus antecessores.

O primeiro elevador de passageiros foi inaugurado por Elis Graves Otis em 23 de Março de 1857 numa loja de cinco andares em Nova York [6].

6.1. Situação atual

Os elevadores são da marca Pinto & Cruz e pelo ano de instalação (1996) trata-se de um elevador convencional, logo à partida podemos concluir que não são dos mais eficientes.

Conforme se pode ver na figura 5 o prédio em estudo é constituído por quatro elevadores, 2 em cada entrada, e cada um serve 10 pisos.

Cada elevador usa 2 lâmpadas fluorescentes de 18 W do tipo T8 com balastos eletromagnéticos e de cor fria ($T_c > 5000^\circ\text{k}$), ligadas 24 horas por dia. Pelo estudo efetuado e consultando a tabela 6 este tipo de lâmpada com a perda associada do balastro terá um consumo de 27 W. Com esta informação podemos calcular o consumo anual de cada elevador em iluminação, que é obtido com o cálculo seguinte:

Consumo anual de cada elevador (kWh) = $2 \times 27 \times 24 \times 365 \approx 473 \text{ kWh}$

Com base nos consumos reais e os estimados para a iluminação podemos concluir que os elevadores são responsáveis por aproximadamente 82 % do consumo de energia nas partes comuns do prédio, percentagem distribuída de acordo com a tabela seguinte, considerando as 10 horas que existem no período de vazio:

Tabela 20 – Consumo nos elevadores

Contador	Tarifa	Consumo Anual dos elevadores (KWh)		
		Total	Iluminação da cabine (*)	Motores + comandos
SC EA	Vazio	1632	394	1238
	Fora do vazio	4531	552	3979
SC EB	Vazio	1212	394	818
	Fora do vazio	3610	552	3058

6.2. Estudo sobre elevadores

O consumo anual em *standby* (ascensor parado) pode representar até 65% do consumo anual total de energia elétrica de um elevador.

O regime de manutenção e inspeção dos elevadores tem como base o estabelecido no Decreto-lei Nº 320/2002.

A seguir vai ser abordada a tecnologia utilizada pelos elevadores convencionais, bem como as tecnologias utilizadas recentemente para a construção de novos, as quais permitem termos elevadores muito mais eficientes.

6.2.1. Funcionamento do elevador convencional

Os elevadores convencionais são constituídos por um sistema de tração num acoplamento de motor elétrico mais redutor mecânico, a cabina do elevador é sustentada no corredor vertical do elevador por vários cabos de aço, normalmente duas polias e um contrapeso. O peso da cabina e do contrapeso fornecem tração suficiente entre as polias e os cabos. Assim, as polias podem prender os cabos para mover e segurar a cabina sem deslizamento excessivo. A cabina e o contrapeso correm em guias verticais, a fim de evitar oscilação. A central de comando do elevador fica localizada no quadro de comando que fica na casa de máquinas. O motor para acionar o elevador fica localizado na casa de máquinas, normalmente acima do corredor vertical do elevador. Para fornecer energia à cabina e para receber os sinais elétricos dela, um cabo elétrico multifuncional conecta a casa de máquinas à cabina. A ponta presa na cabina move-se com ela, portanto o cabo é chamado de “cabo de manobra”. A máquina com engrenagem tem um motor com RPM maior, mas de velocidade final (velocidade do elevador) menor, devido a existência da redução da máquina. [7]

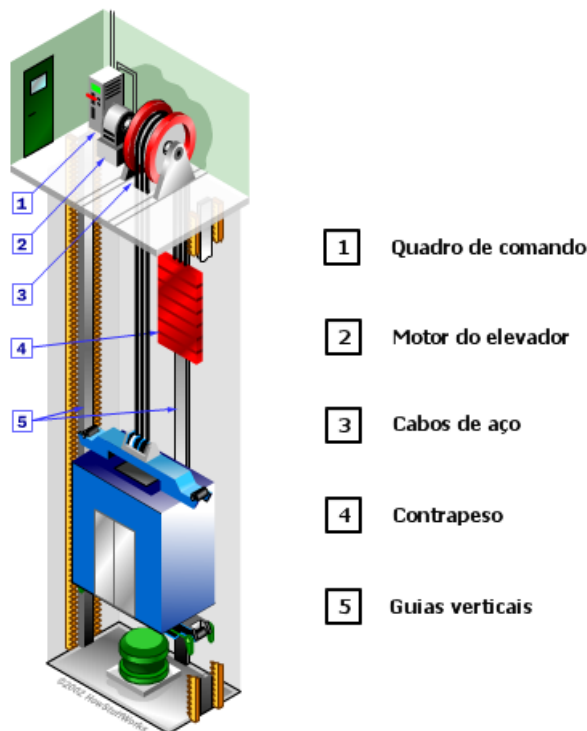


FIGURA 17 – Elevador convencional [7]

6.2.2. Problemas dos elevadores convencionais VS proposta

A seguir é mostrado alguns aspetos negativos relacionados com os componentes dos elevadores convencionais aonde se podem efetuar melhorias para se tornarem mais eficientes:

6.2.2.1. Iluminação da cabine

Em muitos elevadores a luz está permanentemente acesa e o tipo de lâmpadas utilizadas são incandescentes ou de halogéneo. Esta situação pode ser facilmente ultrapassada com a aplicação de sensores de movimento/temporização para o interior da cabine e com a utilização de lâmpadas mais eficientes, como por exemplo LEDs [8].

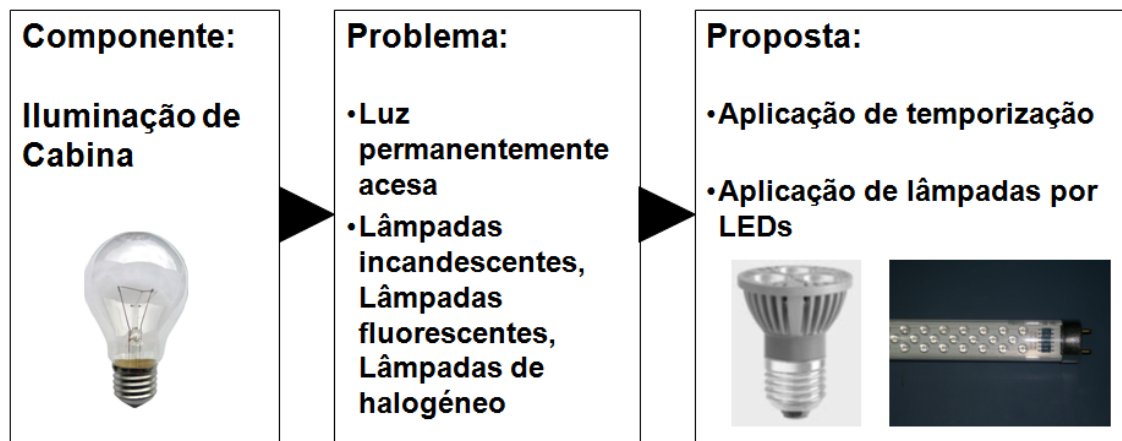


FIGURA 18 – Iluminação da cabine - problema VS proposta [8]

6.2.2.2. Quadro de comando

Em geral nos elevadores convencionais o quadro de comando está sempre ativo para poder reagir imediatamente e os transformadores utilizados não são os mais eficientes, pois têm muitas perdas. Esta situação pode ser corrigida utilizando transformadores mais eficientes recorrendo à eletrónica de potência e construir comandos que façam a análise do tráfego padrão por forma a se poderem desativar algumas funções nesses períodos [8].

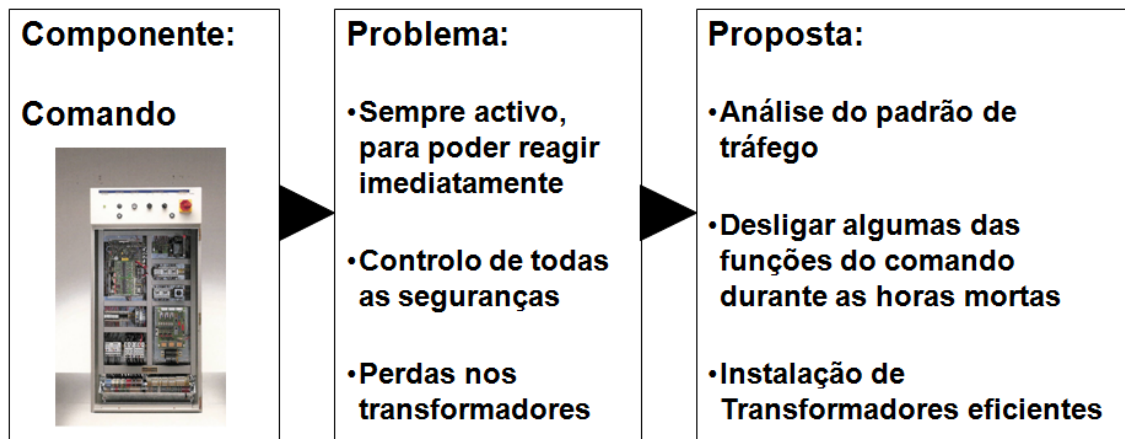


FIGURA 19 – Quadro de comando - problema VS proposta [8]

6.2.2.3. Tração da cabine

A tração da cabine normalmente é efetuada com cabos de aço, que implica mais desgaste, lubrificação dos cabos implicando a necessidade de utilização de lubrificantes e manutenções mais regulares.

Neste âmbito existem alternativas mais eficientes que consistem em substituir os cabos existentes por cintas de poliuretano reforçadas com cabos de aço de alta resistência, em que no interior das cintas existem cabos de aço por forma que a quantidade de aço seja maior que nos cabos de aço convencionais utilizados na mesma aplicação [9].

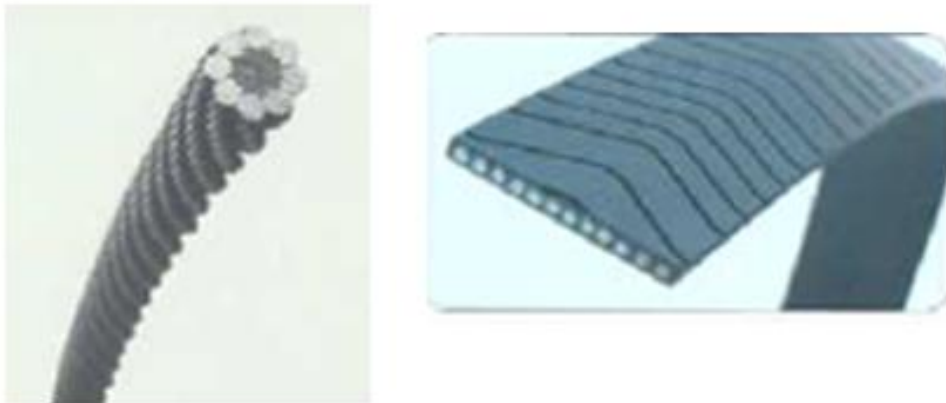


FIGURA 20 – Cabo de aço convencional / cinta de poliuretano reforçada com cabo de aço [9]

A espessura destas cintas de aço é muito menor que o diâmetro de um cabo de aço, o que lhe atribui uma maior flexibilidade que a dos cabos tradicionais. Isto é o que permite a utilização de poleias de diâmetro muito menor do que as que se vinham a utilizar até este momento.

O diâmetro mínimo da poleia que permite o uso de um cabo tradicional de 10mm é de 400mm, face aos 66mm das poleias que se poderiam utilizar com as cintas de aço reforçadas.

A vantagem fundamental da utilização da tecnologia destas cintas é que permite reduzir o tamanho das poleias comparativamente aos cabos de aço e, por isso, reduz-se a força de motor e travão necessária para fazer mover ou parar o elevador.

Esta menor necessidade de força motriz e travagem é o que possibilita reduzir drasticamente o tamanho das máquinas e eliminar a necessidade de ter uma engrenagem redutora nas mesmas [9].

6.2.2.4. Máquinas utilizadas

Uma máquina de elevador convencional pode subdividir-se em quatro subconjuntos principais, um motor elétrico, uma engrenagem redutora, um freio de tambor e alavancas, e uma poleia de tração.

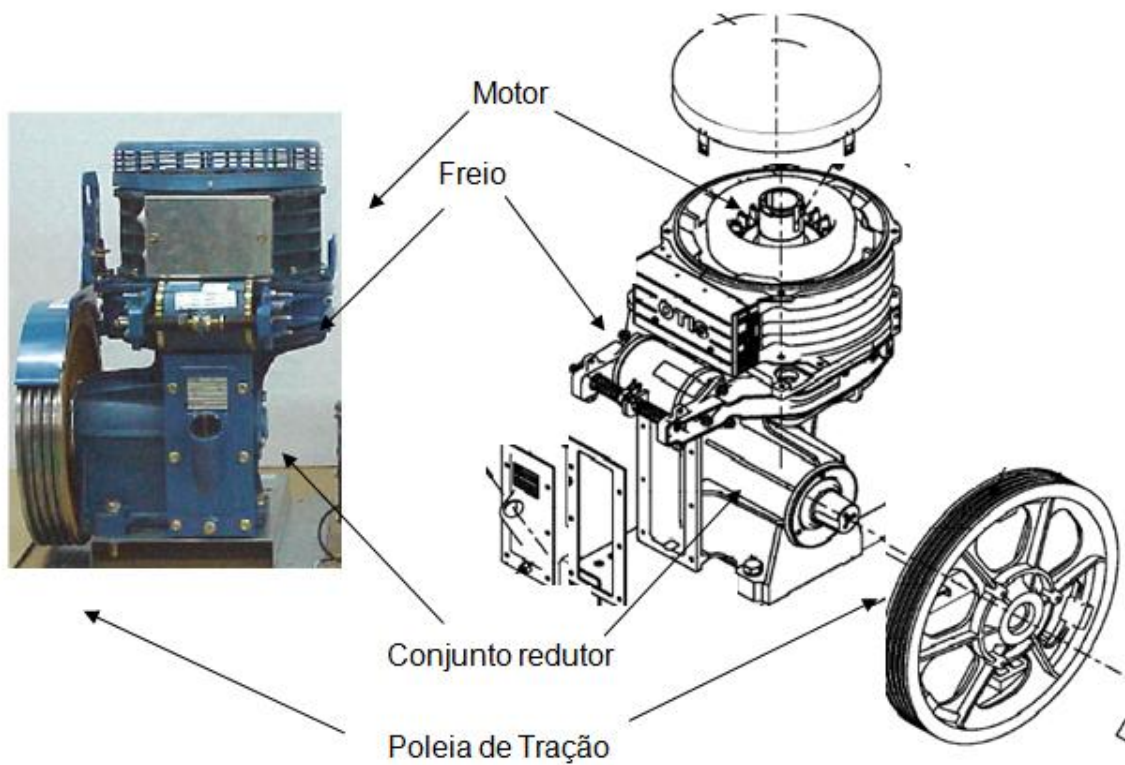


FIGURA 21 – Máquina convencional [9]

No caso das máquinas mais eficientes só há um motor, um freio de disco e um eixo da máquina, a que estão unidos estes elementos, e que suporta a cabina e o contrapeso do ascensor. O eixo da máquina está apoiado em rolamentos de esferas selados e com lubrificação que não necessita de manutenção, que por sua vez estão montados numa carcaça de fundição. As cintas apoiam diretamente sobre o eixo numas ranhuras mecanizadas, sem ser necessário acrescentar uma poleia de tração adicional.

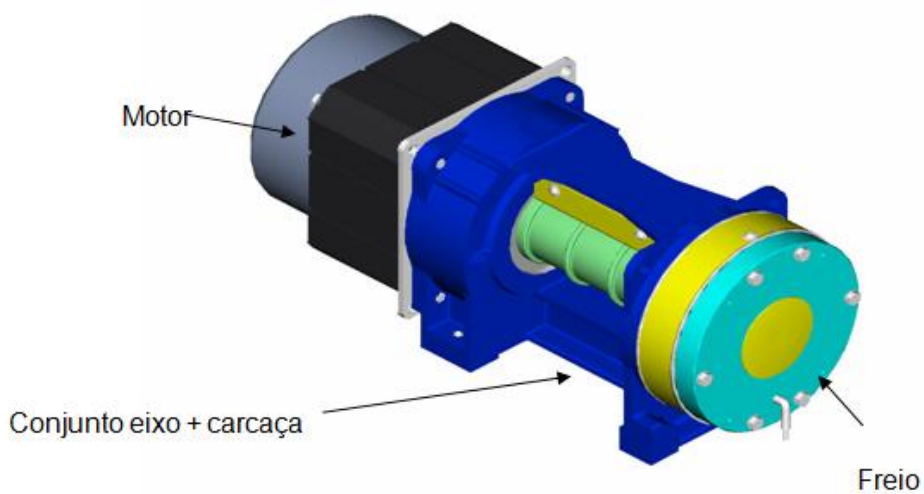


FIGURA 22 – Máquina mais eficiente [9]

A seguir é mostrada uma figura aonde se pode comparar em termos de espaço a diferença entre os dois tipos de máquinas.



FIGURA 23 – Comparação entre máquinas [9]

Como consequência de tudo o que foi mencionado, as novas máquinas têm em média um peso inferior a 60% das máquinas convencionais o que permite instalar elevadores sem haver necessidade da construção da casa das máquinas.

6.2.2.5. Motores utilizados

Nas máquinas convencionais o motor elétrico mais utilizado é o motor assíncrono de gaiola de esquilo, mas foi nos motores que também existiu um grande avanço tecnológico, pois passou-se a utilizar motores síncronos de ímãs permanentes. Este tipo de motor caracteriza-se por um alto rendimento e fator de potência, o que se traduz em baixos consumos e baixo aquecimento em comparação com os motores tradicionalmente utilizados na indústria dos elevadores. O menor consumo elétrico do motor não só implica economia de energia, como também a dimensão dos controladores que os operam são menores (menores condensadores, transístores, etc.). Por outro lado, o menor aquecimento pela maior eficiência do motor implica que se possam construir motores fechados sem entradas ou saídas de ventilação e por certo sem nenhum tipo de ventilador auxiliar.

O controlo destes motores através da variação de frequência trás bastantes vantagens, nomeadamente a redução no consumo de energia, controlo da velocidade mais eficiente o que permite uma paragem/arranque mais suave e paragem nivelada em relação ao piso, isto porque esta metodologia permite ter um binário praticamente constante, mesmo a baixas rotações.

Uma grande vantagem dos motores síncronos é que podem trabalhar como motores mas também como geradores, daí em alguns elevadores ser implementada a tecnologia de regeneração de energia que basicamente consiste na geração de energia aquando da travagem do elevador, energia essa que na maioria dos elevadores é libertada sob a forma de calor.

No entanto, para ser vantajosa a implementação desta tecnologia deve existir tráfego constante diário e também consumo constante na propriedade do condomínio que absorvam de imediato a energia regenerada, como por exemplo hospitais ou edifícios de escritórios.

Na figura seguinte podemos verificar as situações em que há regeneração de energia, as quais estão classificadas em título como travagem, situações essas que surgem na descida quando o peso da cabine do elevador é superior ao peso do contra peso, e que também ocorrem na subida quando o peso do contra peso é superior ao peso da cabine.

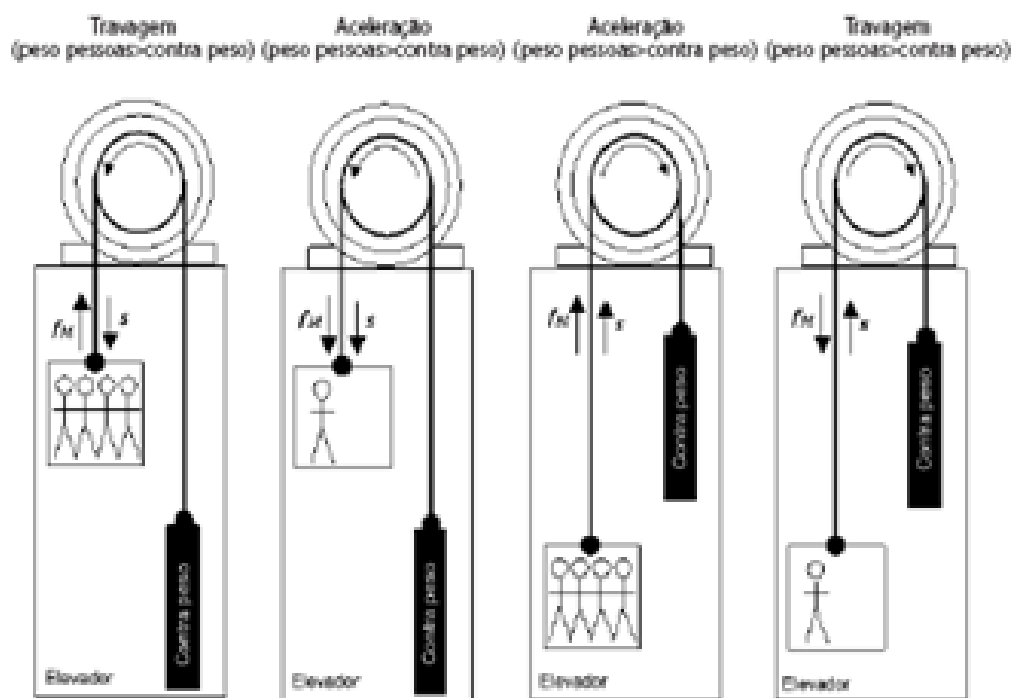


FIGURA 24 – Exemplos de funcionamento do elevador [8]

6.3. Situação proposta

Comparando a tecnologia dos elevadores instalados com a tecnologia atual verificamos que há muitos aspetos de melhoria, uns mais simples e outros que requerem uma remodelação mais profunda.

Pelo exposto, a proposta vai ser dividida em duas alternativas, a primeira que é extremamente simples e económica de executar e que consiste na alteração do controlo da iluminação da cabine, e depois uma segunda alternativa mais profunda que consiste na remodelação da parte elétrica e alguns componentes mecânicos do elevador.

6.3.1. Alternativa 1

Esta alternativa consiste na implementação de um sensor de movimento acoplado a um temporizador em cada elevador, bem como substituição das lâmpadas por LEDs, porque apesar

de as existentes serem bastante eficientes não são as mais indicadas para estabelecer uma ligação imediata quando necessárias.

Estima-se que a remodelação tenha um custo de 100 € por elevador, totalizando 400 €.

Cada elevador levaria 4 lâmpadas LEDs de 3 W, totalizando 12 W por elevador.

Para efeitos de cálculos vai ser atribuído um consumo anual em termos de horas de utilização igual à iluminação, dado que na maioria das situações são utilizados os dois serviços.

Tabela 21 – Consumo nos elevadores com a remodelação da cabine

Contador	Tarifa	Consumo Anual dos elevadores (KWh)		
		Total	Iluminação da cabine	Motores + comandos
SC EA	Vazio	1261	23	1238
	Fora do vazio	4045	66	3979
SC EB	Vazio	835	17	818
	Fora do vazio	3111	52	3058

Verifica-se que há uma redução significativa no consumo de energia, com esta solução simples.

6.3.2. Alternativa 2

Como a substituição integral dos elevadores atuais, por uns mais eficientes, acarretaria custos muito elevados, e como os atuais foram instalados pela empresa Pinto & Cruz, foi solicitado a esta uma proposta sobre uma possível remodelação dos atuais.

A proposta recebida consiste na instalação de KITs que usam VEV (variadores eletrónicos de velocidade) no controlo dos motores, alegando as seguintes vantagens:

- Redução do consumo no arranque e transições de velocidade;
- Melhoria significativa no conforto de viagem;
- Precisão de paragem ao piso, resultado de uma melhor gestão de binário;
- Redução considerável no desgaste mecânico de todos os componentes da máquina;
- Redução de consumo na ordem dos 25 a 30 %.

Com a alteração dos quadros de comando atuais para quadros com variação de frequência, seria também necessário trocar todas as botoneiras de patamar, as botoneiras da cabina e toda a parte elétrica, ficando estas alterações por volta de 15.000,00 € por elevador.

Com esta opção complementada com a alternativa 1 teríamos uma estimativa de consumos de acordo com a tabela seguinte:

Tabela 22 – Consumo nos elevadores com a remodelação da cabine + KIT

Contador	Tarifa	Consumo Anual dos elevadores (KWh)		
		Total	Iluminação da cabine	Motores + comandos
SC EA	Vazio	952	23	928
	Fora do vazio	3051	66	2984
SC EB	Vazio	631	17	613
	Fora do vazio	2346	52	2294

Como temos 4 elevadores teríamos um custo total de 60.400,00 € (15.000,00 x 4 + 400).

6.4. Estudo de viabilidade económica

Como base nos elementos apurados anteriormente vai ser efetuado o respetivo estudo para se verificar se o investimento é vantajoso a nível financeiro.

Pela análise das tabelas seguintes concluímos que a alternativa 1 é viável, e o investimento é recuperado ao final de 2 anos, já na alternativa 2, apesar de existir uma grande redução no consumo de energia, mas devido ao investimento necessário ser bastante elevado, não se torna uma solução viável, nem a longo prazo.

Tabela 23 – Estudo de viabilidade económica (Entrada A)

SC EA - Elevadores associados aos serviços comuns da entrada A										
Ano	Preço do KW/h (€)		Situação actual		Alternativa 1			Alternativa 2		
	Vazio	Fora do Vazio	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)
2011	0,0957	0,1781	0,00	963,16	200,00	0,00	-200,00	30200,00	0,00	-30200,00
2012	0,0995	0,1852	0,00	1001,69	0,00	874,81	-73,12	0,00	659,75	-29858,06
2013	0,1035	0,1926	0,00	1041,76	0,00	909,80	58,83	0,00	686,14	-29502,44
2014	0,1056	0,1965	0,00	1062,59	0,00	928,00	193,42	0,00	699,86	-29139,72
2015	0,1077	0,2004	0,00	1083,84	0,00	946,56	330,70	0,00	713,86	-28769,73
2016	0,1072	0,1994	0,00	1078,56	0,00	941,94	467,32	0,00	710,38	-28401,55
2017	0,1104	0,2054	0,00	1110,91	0,00	970,20	608,03	0,00	731,69	-28022,33
2018	0,1137	0,2116	0,00	1144,24	0,00	999,31	752,96	0,00	753,64	-27631,73
2019	0,1151	0,2143	0,00	1158,92	0,00	1012,13	899,75	0,00	763,31	-27236,11
2020	0,1186	0,2207	0,00	1193,69	0,00	1042,50	1050,95	0,00	786,21	-26828,63
2021	0,1222	0,2274	0,00	1229,50	0,00	1073,77	1206,68	0,00	809,80	-26408,93
2022	0,1258	0,2342	0,00	1266,39	0,00	1105,98	1367,09	0,00	834,09	-25976,63
2023	0,1263	0,2351	0,00	1271,22	0,00	1110,20	1528,11	0,00	837,27	-25542,68
2024	0,1301	0,2421	0,00	1309,35	0,00	1143,51	1693,95	0,00	862,39	-25095,72
2025	0,1340	0,2494	0,00	1348,63	0,00	1177,81	1864,77	0,00	888,26	-24635,34
2026	0,1380	0,2569	0,00	1389,09	0,00	1213,15	2040,72	0,00	914,91	-24161,16

Tabela 24 – Estudo de viabilidade económica (Entrada B)

SC EB - Elevadores associados aos serviços comuns da entrada B										
Ano	Preço do KW/h (€)		Situação actual		Alternativa 1			Alternativa 2		
	Vazio	Fora do Vazio	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)	Investimento (€)	Custos em energia (€)	Cash Flow (€)
2011	0,0957	0,1781	0,00	758,94	200,00	0,00	-200,00	30200,00	0,00	-30200,00
2012	0,0995	0,1852	0,00	789,29	0,00	659,29	-69,99	0,00	497,32	-29908,03
2013	0,1035	0,1926	0,00	820,87	0,00	685,66	65,22	0,00	517,22	-29604,38
2014	0,1056	0,1965	0,00	837,28	0,00	699,37	203,13	0,00	527,56	-29294,65
2015	0,1077	0,2004	0,00	854,03	0,00	713,36	343,80	0,00	538,11	-28978,74
2016	0,1072	0,1994	0,00	849,86	0,00	709,88	483,79	0,00	535,49	-28664,36
2017	0,1104	0,2054	0,00	875,36	0,00	731,17	627,97	0,00	551,55	-28340,55
2018	0,1137	0,2116	0,00	901,62	0,00	753,11	776,48	0,00	568,10	-28007,03
2019	0,1151	0,2143	0,00	913,19	0,00	762,77	926,90	0,00	575,39	-27669,23
2020	0,1186	0,2207	0,00	940,59	0,00	785,66	1081,82	0,00	592,65	-27321,29
2021	0,1222	0,2274	0,00	968,80	0,00	809,23	1241,40	0,00	610,43	-26962,91
2022	0,1258	0,2342	0,00	997,87	0,00	833,50	1405,76	0,00	628,74	-26593,79
2023	0,1263	0,2351	0,00	1001,67	0,00	836,68	1570,75	0,00	631,14	-26223,25
2024	0,1301	0,2421	0,00	1031,72	0,00	861,78	1740,69	0,00	650,07	-25841,60
2025	0,1340	0,2494	0,00	1062,67	0,00	887,64	1915,73	0,00	669,58	-25448,50
2026	0,1380	0,2569	0,00	1094,56	0,00	914,27	2096,02	0,00	689,66	-25043,61

7. Módulo IV - Instalação de um microprodução

A Microprodução é a geração de energia pelo próprio consumidor (empresa ou particular), utilizando equipamentos de pequena escala, nomeadamente painéis solares, microturbinas, microeólicas ou outro tipo de tecnologia [5].

Tabela 25 – Distribuição geográfica das unidades de Microprodução Ligadas no Distrito de Bragança (até 07/2011) [10]

Distribuição Geográfica das Unidades de Microprodução Ligadas											
Distrito	Concelho	Solar		Eólica		Combinada (Solar + Eólica)		Hídrica		Total	
		Qtd	Pot. Lig. (kW)	Qtd	Pot. Lig. (kW)	Qtd	Pot. Lig. (kW)	Qtd	Pot. Lig. (kW)	Qtd	Pot. Lig. (kW)
BRAGANÇA	BRAGANÇA	185	648,01	2	7,36	0	0,00	0	0,00	187	655,37
BRAGANÇA	CARRAZEDA DE ANSIÃES	35	125,97	0	0,00	0	0,00	0	0,00	35	125,97
BRAGANÇA	FREIXO DE ESPADA À CINTA	25	90,39	0	0,00	0	0,00	0	0,00	25	90,39
BRAGANÇA	MACEDO DE CAVALEIROS	36	125,77	0	0,00	0	0,00	0	0,00	36	125,77
BRAGANÇA	MIRANDA DO DOURO	33	108,57	0	0,00	0	0,00	0	0,00	33	108,57
BRAGANÇA	MIRANDELA	48	174,26	0	0,00	0	0,00	0	0,00	48	174,26
BRAGANÇA	MOGADOURO	45	159,80	0	0,00	0	0,00	0	0,00	45	159,80
BRAGANÇA	TORRE DE MONCORVO	14	50,37	0	0,00	0	0,00	0	0,00	14	50,37
BRAGANÇA	VILA FLOR	11	39,54	0	0,00	0	0,00	0	0,00	11	39,54
BRAGANÇA	VIMIOSO	22	78,66	0	0,00	0	0,00	0	0,00	22	78,66
BRAGANÇA	VINHAIAS	32	112,14	0	0,00	3	10,35	0	0,00	35	122,49

A nível nacional a evolução das microproduções ligadas à rede é mostrada na figura seguinte:

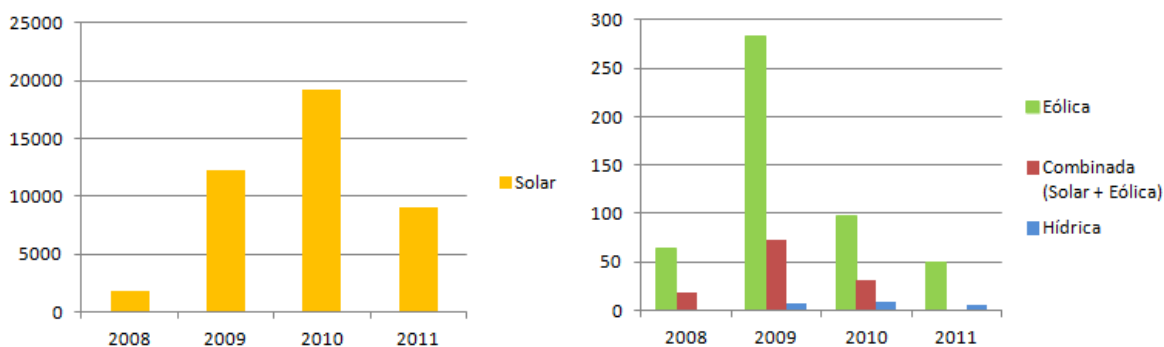


FIGURA 25 – Evolução da microprodução em KW (até 07/2011) [10]

A legislação que regulamenta as unidades de microprodução pode ser consultada no site <http://www.renovaveisnagora.pt>, a qual tem sofrido algumas alterações desde 2007, data da sua criação.

Atualmente as alterações mais relevantes devem-se ao facto da introdução do DECRETO-LEI n.º 118-A/2010 de 25 de Outubro que simplifica o regime jurídico aplicável à produção de eletricidade por intermédio de unidades de microprodução, e procede à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de Novembro, e à segunda alteração ao Decreto-Lei n.º 312/2001, de 10 de Dezembro [10].

Com esta alteração introduzida já é possível instalar unidades de microprodução em condomínios que integrem seis ou mais frações, em que sejam utilizadas instalações trifásicas, com uma potência até 11,04 kW.

Na tabela seguinte estão as alterações mais relevantes com a introdução do novo decreto-lei.

Tabela 26 – Comparação entre o regime anterior e o atual

	Novo regime	Anterior regime
Períodos da tarifa de venda	Dois períodos com tarifa fixa: 0,40 €/kWh nos primeiros 8 anos 0,24 €/kWh nos restantes 7	Tarifa fixa durante 5 anos (mais ano 0). Posteriormente a tarifa é reduzida anualmente.
Redução da tarifa de venda para novos registos	0,02 €/kWh por ano. Após a atribuição da quota de 25 MW referente a 2010, a tarifa seguinte vai ser 0,38 €/kWh.	5% por cada 10 MW de potência instalada.
Registo	A obtenção do registo da microgeração passará a ser por ordem sequencial de entrada, distribuídos temporalmente ao longo do ano.	Passava primeiro por um pré-registo e, depois em sessões ao longo do ano, os candidatos tentavam registar a sua instalação.
Taxa de gestão SRM	A pagar no acto de registo inicial.	Pagava-se apenas quando se conseguia o registo.
Ano de ligação para efeitos da tarifa	Começa a contar no mês seguinte ao da ligação à rede, durante 15 anos. Deixa de existir o ano 0.	Existia o ano zero (ligação à rede), findo o qual começa o período inicial de 5 anos a 1 de Janeiro do ano seguinte.
Limites da Potência de Ligação	3,68 kW para clientes particulares e empresariais. 11,04 kW para condomínios com 6 ou mais fracções.	3,68 kW quer seja particular, empresa ou integrada em condomínio.

A tarifa a aplicar pode ser em regime geral ou bonificado, e no caso dos condomínios para ter acesso ao regime bonificado para a potência máxima (11,04 KW) é necessário reunir as seguintes condições:

- Condomínio com 6 ou mais fracções e contador trifásico;
- Necessária auditoria energética e a implementação das medidas de eficiência energética com um retorno até dois anos.

Na figura seguinte esquematiza-se resumidamente o processo para a concretização da ligação de uma microprodução à rede de baixa tensão [22]:

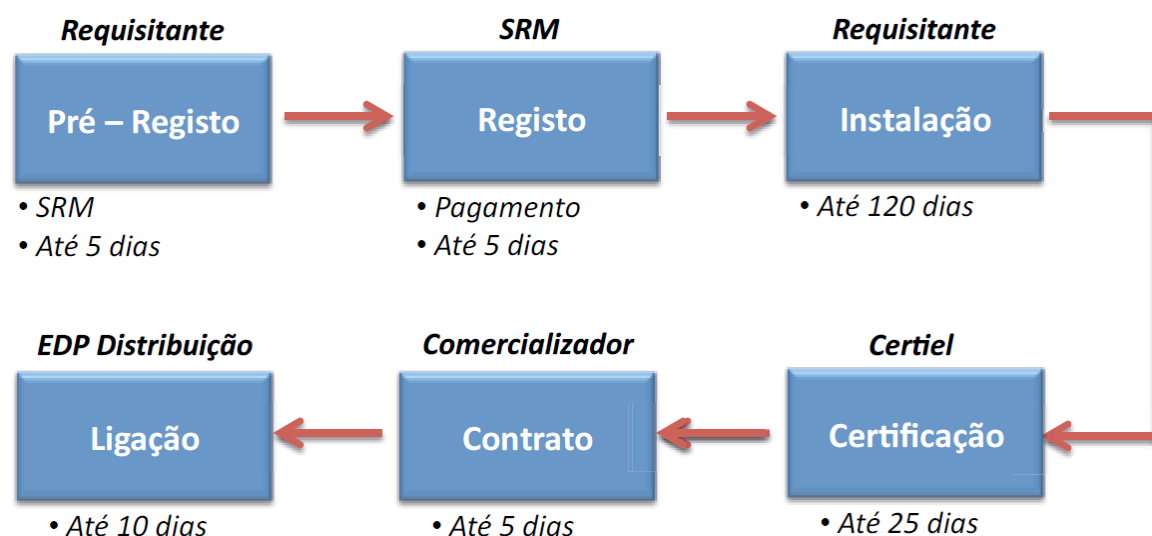


FIGURA 26 – Esquema para ligação de microprodução [22]

Uma microprodução com sistema fotovoltaico e de ligação à rede é composto normalmente pelos seguintes componentes:

- Módulos fotovoltaicos e respetivas estruturas de suporte e de montagem;
- Cabos AC-DC;
- Inversor;
- Mecanismo de proteção e aparelho de medida.

7.1. Dados do local e orçamento

Para se poder determinar a radiação solar média anual e a colocação correta dos módulos solares foi identificada a localização geográfica (latitude e longitude) através do site <http://www.earthtools.org>, obtendo-se as coordenadas **41.8031°N 6.7762°W**.

A orientação do edifício pode ver-se na figura seguinte, a qual foi obtida do site acima referido.



FIGURA 27 – Localização geográfica do imóvel [23]

Utilizando a regra empírica ($1 \text{ kWp} \approx 10 \text{ m}^2$ de área) para a potência a instalar (11,04 KW), constatamos que necessitamos de aproximadamente de 110 m^2 .

Através de medidas realizadas no local verifica-se que temos uma área disponível de 261 m^2 (29x9), o que nos permite instalar a potência pretendida, e ter bastante área de manobra para escolha dos locais mais adequados.

Devido à existência de peças salientes (chaminés, casa das máquinas, etc...), na parte superior do edifício, susceptíveis de causar sombra, após se ter dimensionado com exatidão a área a ocupar,

vai ser efetuado um estudo mais detalhado para identificação dos locais mais adequados para instalação dos módulos solares, bem como a distância mínima entre eles.

Para posterior estudo de viabilidade económica foi solicitado um orçamento via internet à empresa Mentenergica Lda, informando a potência pretendida a instalar, bem como a área disponível, da qual se obteve o orçamento seguinte:

Tabela 27 – Orçamento recebido

Mapa de Preços- Sistema fotovoltaico 12960Wp			
Descrição	Quantidade		Preço total
Painéis Renesola, 240Wp	54		
Inversor SB3800 ou Solarmax 4200S	3		
			26.697,60 €
Estrutura Aço/inox para telhado inclinado	1		
Contador Janzce A1700	1		
Modem	1		
Cabo eléctrico AC, cabo solar	1		
Quadro protecção e corte	1		
Caixa do contador e portinhola	1		
Transporte, Instalação e Certificação	1		
			7.906,00 €
Custo total da instalação sem IVA			
Custo total da instalação com IVA	26697,6	13,00%	39.892,18 €
	7906	23,00%	

Em anexo também enviou os Datasheet dos módulos e do inversor a instalar, sendo os seguintes equipamentos:

- Módulos fotovoltaicos Renesola JC240S-24/Bb de 240 Wp;
- Inversores SMA Sunny Boy 3800.

7.2. Dimensionamento da microprodução

Com base nos elementos fornecidos no orçamento vai ser efetuada a respetiva análise para confirmar se os equipamentos são compatíveis e se estão bem dimensionados.

Desde já concorda-se com a instalação de 3 inversores monofásicos em vez de 1 inversor trifásico, pois permite-nos em caso de avaria minimizar as perdas da energia gerada. Com esta proposta teremos uma potência individual a injetar em cada fase na rede de distribuição de 3,68 KW.

7.2.1. Inversor

O inversor estabelece a ligação entre os módulos fotovoltaicos e a rede AC, e a sua principal função consiste em converter o sinal elétrico DC dos módulos fotovoltaicos num sinal elétrico AC e ajustá-lo para a frequência e o nível de tensão da rede a que está ligado.

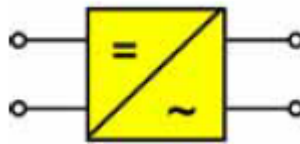


FIGURA 28 – Símbolo elétrico do inversor [11]

Nos sistemas fotovoltaicos com ligação à rede, o inversor é ligado à rede elétrica principal de forma direta ou através da instalação coletiva do prédio. Com uma ligação direta, a eletricidade produzida é injetada diretamente na rede elétrica do distribuidor. Com o acoplamento à instalação do prédio, a energia gerada é em primeiro lugar consumida no prédio, sendo então o excedente fornecido à rede do distribuidor [11].

Para potências instaladas até 5 KWp, são construídos geralmente como sistemas monofásicos. Para potências maiores o sistema será trifásico, podendo utilizar-se um inversor trifásico ou vários inversores monofásicos, que são distribuídos de forma equilibrada entre as três fases.

Com o objetivo de fornecer à rede elétrica a maior potência possível, o inversor deve funcionar no ponto MPP (ponto de potência máxima) dos módulos fotovoltaicos, o qual muda de acordo com as condições meteorológicas. No inversor, o sistema de rastreamento MPP garante que o inversor é constantemente ajustado ao ponto MPP. O sistema de rastreamento MPP consiste, basicamente, num conversor DC ligado em série com o inversor, e que ajusta a tensão de entrada do inversor em função do nível de tensão MPP [11].

Os inversores atuais são capazes de realizar as seguintes funções:

- a) A conversão da corrente DC gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente AC, de acordo com os requisitos técnicos e de segurança que estão estipulados para a ligação à rede;
- b) Ajuste do ponto operacional do inversor ao MPP dos módulos fotovoltaicos (rastreamento do ponto MPP);

- c) Registo de dados operacionais e sinalização (p. ex.: visualizadores, armazenamento de dados, transferência de dados);
- d) Dispositivos de proteção AC e DC (p. ex.: proteção de polaridade, proteção contra sobrecargas e sobretensões e equipamento de proteção da interligação com a rede recetora).

Apesar de já termos a proposta dos equipamentos a instalar, no caso de um projeto inicial tendo área necessária disponível para a potência pretendida, será vantajoso escolher inicialmente o inversor e posteriormente a seleção dos módulos e assim podemos maximizar o inversor.

7.2.1.1. Características do Inversor

O Inversor em causa tem as seguintes características nas condições standard:

Tabela 28 – Tabela de características do inversor SB 3800 [24]

	SB 3800/V
Entrada (DC)	
Potência DC máx.	4040 W
Tensão DC máx.	500 V
Domínio de tensão fotovoltaica, MPPT	200 V - 400 V
Corrente máx. de entrada	20 A
Número de seguidores MPP	1
Número máximo de strings (paralelo)	3
Saída (AC)	
Potência nominal AC	3680 W
Potência AC máx.	3680 W
Corrente nominal de saída	16 A
Tensão nominal AC / amplitude	220 V - 240 V / 180 V - 260 V
Frequência de rede AC (auto-ajustada) / amplitude	50 Hz / 60 Hz / $\pm 4,5$ Hz
Factor de potencia ($\cos \varphi$)	1
Entrada AC	monofásica
Grau de rendimento	
Máx. grau de rendimento	95,6 %
Euro-eta	94,7 %
Dispositivos de segurança	
Proteção contra inversão de polaridade DC	●
Interruptor-seccionador de carga DC, ESS	●
Resistência a curto-circuitos AC	●
Controlo da ligação à terra	●
Controlo da rede (SMA grid guard)	●
Galvanicamente separado	●



FIGURA 29 – Fotografia do inversor [24]

O inversor em causa tem uma potência DC máxima de 4040 W o que nos permite ter uma potência nominal AC de 3680 W por fase, totalizando os 11,04 KW pretendidos. Este inversor só tem um ponto de seguimento da potência máxima, mas como temos uma área disponível bastante alargada podemos utilizar o mesmo inversor para várias fileiras com a mesma orientação. Pelo exposto considera-se ter sido uma boa opção na seleção deste equipamento.

7.2.2. Módulos Fotovoltaicos

Os módulos fotovoltaicos são dispositivos constituídos por células solares ou fotovoltaicas com a capacidade de criar uma diferença de potencial elétrico por ação da luz, proveniente do Sol ou de outra fonte de luz, obtendo-se energia elétrica.

Os módulos podem ser classificados em função de vários aspetos, mas é de realçar a sua classificação em função do material celular, que podem ser divididos em:

- Monocristalinos
- Policristalinos
- Película fina (amorfo, CdTe e módulos CIS)

Quanto à sua ligação, podem ser ligados em série ou em paralelo, apresentando vantagens e desvantagens cada uma delas, pelo que as configurações em série ou em paralelo devem ter em consideração os limites de entrada de tensão e corrente do inversor, bem como diferentes orientações e ângulos de instalação.



FIGURA 30 – Símbolo elétrico de um módulo [11]

Quanto à sua ligação, podem ser ligados em série ou em paralelo, apresentando vantagens e desvantagens cada uma delas, pelo que as configurações em série ou em paralelo devem ter em consideração os limites de entrada de tensão e corrente do inversor, bem como diferentes orientações e ângulos de instalação.

Para proteção dos módulos quando instalados em série é conveniente a instalação de díodos de by-pass, também conhecidos por díodos de desvio, em paralelo com cada módulo, sendo a sua função desviar a corrente produzida pelos outros módulos em caso de sombreamento total ou parcial do módulo, minimizando assim o aquecimento das células sombreadas, evitando a destruição do módulo.

Quando ligados em paralelo, são utilizados díodos de fileira para evitar curto-circuitos e correntes inversas entre fileiras, no caso de aparecer qualquer avaria em alguma das fileiras do sistema fotovoltaico [26].

O módulo fotovoltaico proposto em orçamento é da Marca Renesola, modelo JC240S-24-Bb com uma potência nominal máxima de 240 W, e que tem um rendimento de 14,75 %, com a imagem e características nas condições standard de acordo com as figuras seguintes:



FIGURA 31 – Fotografia do módulo [25]

Tabela 29 – Tabela de características dos módulos Renesola JC240S-24/Bb [25]

Electrical Data at STC	JC230S-24/Bb	JC235S-24/Bb	JC240S-24/Bb
Maximum Power (Pmax)	230W	235W	240W
Power Tolerance	±3%	±3%	±3%
Efficiency of Module	14.14%	14.44%	14.75%
Optimum Operation Current (Imp)	7.90A	8.02A	8.11A
Optimum Operation Voltage (Vmp)	29.1V	29.3V	29.6V
Short Circuit Current (Isc)	8.03A	8.17A	8.32A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.3V	38.4V	38.4V

Values at Standard Test Conditions STC (Air Mass AM1.5, Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C)

Temperature Rating		General Data	
Temperature Coefficient of Voc	-0.36%/ °C	Cell Type	156 x 156mm Monocrystalline, 60(6x10) pcs in series
Temperature Coefficient of Isc	0.03%/ °C	Glass	High Transmission, Low Iron, Tempered Glass 4mm
Temperature Coefficient of Pmax	-0.53%/ °C	Frame	Anodized Aluminum Alloy, 20 Draining Holes in Frame
Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 °C	Junction Box	TUV Certified, IP65 rated connector

Mechanical Configuration		Maximum Ratings	
Dimension	1640x992x50mm	Operating Temperature	-40 ~ +85°C
Installation Hole Dimensions	1360x860x947mm	Storage Temperature	-40 ~ +85°C
Cable Length	900mm	Maximum System Voltage	1000V (IEC) / 600V (UL)
Weight	23Kg	Number of Bypass Diodes	6pcs
		Maximum Series Fuse	20A

7.2.2.1. Determinação da U_{max} e U_{min} dos módulos

A tensão nos módulos varia de acordo com a temperatura ambiente e consequente temperatura do módulo, e o seu valor mais elevado é atingido em circuito aberto e quando a temperatura ambiente é mais baixa e num dia solarengo, daí a necessidade de calcular os valores máximos e mínimos da tensão dos módulos para posteriormente se calcular o número máximo de módulos em série de forma a não ultrapassar os limites do inversor.

Dependendo do valor do coeficiente de variação da tensão em função da temperatura ser fornecido em % ou em mV, a tensão máxima em circuito aberto pode ser obtida pelas expressões seguintes:

$$V_{OC(-10^{\circ}C)} = \left(1 - \frac{35^{\circ}C \times \Delta V(\%) }{100}\right) \times V_{OC(25^{\circ}C)} \quad (7.1)$$

$$V_{OC(-10^{\circ}C)} = V_{OC(25^{\circ}C)} - \frac{35^{\circ}C \times \Delta V(mv)}{1000} \quad (7.2)$$

Como nas características o coeficiente de variação da tensão em função da temperatura é fornecido em %, utilizaremos a expressão 7.1 para calcular a tensão máxima em circuito aberto, em que:

$$V_{OC(-10^{\circ}C)} = \left(1 - \frac{35 \times (-0,36)}{100}\right) \times 38,4 = 43,23 \text{ V}$$

Também para obtermos a tensão máxima e mínima dos módulos no ponto de potência máxima utilizaremos as expressões seguintes tendo em consideração o valor fornecido do coeficiente de variação da tensão com a temperatura, em que, para valores fornecidos em % temos:

$$V_{MPP(-10^{\circ}C)} = \left(1 - \frac{35^{\circ}C \times \Delta V(\%) }{100}\right) \times V_{MPP(25^{\circ}C)} \quad (7.3)$$

$$V_{MPP(70^{\circ}C)} = \left(1 + \frac{45^{\circ}C \times \Delta V(\%) }{100}\right) \times V_{MPP(25^{\circ}C)} \quad (7.4)$$

Para valores fornecidos em mV temos:

$$V_{MPP(-10^{\circ}C)} = V_{MPP(25^{\circ}C)} - \frac{35^{\circ}C \times \Delta V(mv)}{1000} \quad (7.5)$$

$$V_{MPP(70^{\circ}C)} = V_{MPP(25^{\circ}C)} + \frac{45^{\circ}C \times \Delta V(mv)}{1000} \quad (7.6)$$

Aplicando a expressão 7.3 e 7.4 obtemos os valores seguintes:

$$V_{MPP(-10^{\circ}C)} = \left(1 - \frac{35 \times (-0,36)}{100}\right) \times 29,6 = 33,32 \text{ V}$$

$$V_{MPP(70^{\circ}C)} = \left(1 + \frac{45 \times (-0,36)}{100}\right) \times 29,6 = 24,8 \text{ V}$$

Temos a tensão máxima possível em circuito aberto, a $-10^{\circ}C$ com 43,23 V, e a gama de tensões de funcionamento será para o ponto de potência máximo de [24,8 V; 33,32 V].

7.2.3. Validação dos módulos/inversor

Pelas características dos módulos e do inversor, podemos então calcular o número de módulos a instalar por fase (3.68 kW).

A gama de tensões de funcionamento no inversor é de [200V; 400V].

$$\text{N}^{\circ} \text{ de máximo de módulos em circuito aberto} = \frac{V_{DCmax}}{V_{OC(-10)}} = \frac{500}{43,23} = 11 \text{ módulos}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de máximo de módulos}_{-10} = \frac{V_{\text{MPP}}}{V_{\text{PV}}} = \frac{400}{33,32} = 12 \text{ módulos}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de mínimo de módulos}_{70} = \frac{V_{\text{MPP}}}{V_{\text{PV}}} = \frac{200}{24,8} = 8 \text{ módulos}$$

Podemos concluir que o número de módulos que poderemos utilizar para o inversor não ultrapassar os parâmetros de funcionamento e garantindo o funcionamento no ponto de seguimento da potência máxima, terá de ser entre 8 e 11 módulos fotovoltaicos em série por fileira.

Para garantirmos o máximo da potência nas condições ideais e tendo em consideração a potência dos módulos, podemos calcular o número de módulos necessários para cada fase, em que:

$$\text{N}^\circ \text{ de módulos por fase} = \frac{4040\text{W}}{240\text{W}} = 16,8 \text{ módulos}$$

Se considerarmos 16 módulos, reduzindo a potência a instalar, o que daria 8 módulos por fileira, não estaríamos a aproveitar a potência máxima do inversor.

Podemos aumentar ligeiramente a potência instalada e colocamos duas fileiras constituídas por 9 módulos associados a cada inversor, obtendo-se uma potência instalada de 4320 W por fase totalizando 12960 Wp conforme proposta da empresa a quem foi solicitado o orçamento.

Também já sabemos que o número de módulos por fileira terá de ser entre 8 e 11, encontrando-se esta situação dentro dos limites previstos.

Esta situação tem o inconveniente de ultrapassar a potência nominal em DC dos inversores. No entanto, e porque a potência máxima dos módulos é obtida tendo em conta as condições de teste standard (STC: 1000 W/m², 25°C, AM=1.5), as quais raramente ocorrem na prática, a potência do inversor pode ser 5 a 10 % inferior à potência máxima do painel.

Pelo exposto vamos verificar se estamos a cumprir este requisito, em que:

$$\% = 100 - \frac{4040 \times 100}{4320} = 6,5$$

Constata-se que a potência do inversor é 6,5 % inferior à potência máxima do painel, sendo uma alternativa viável.

A corrente máxima do Inversor é de 20 A. Pelas características do fabricante verificamos que a corrente por fileira será de 8,11 A e como dimensionamos duas fileiras por inversor iremos ter no total 16,22 A, sendo inferior à corrente máxima admitida pelo inversor, condição também essencial para validação dos equipamentos.

Face ao exposto, considera-se que os equipamentos são compatíveis por forma a otimizar a produção de energia para a potência a instalar, considerando uma proposta bem concebida por parte da empresa a quem foi solicitado o orçamento. Convém salientar que devido ao facto de este inversor só ter um ponto de seguimento da potência máxima, temos que utilizar fileiras em paralelo com o mesmo número de módulos e a mesma orientação.

7.3. Estimativa da energia produzida

Para estimar a energia produzida recorreu-se ao PVGIS, conforme dados introduzidos na figura seguinte:

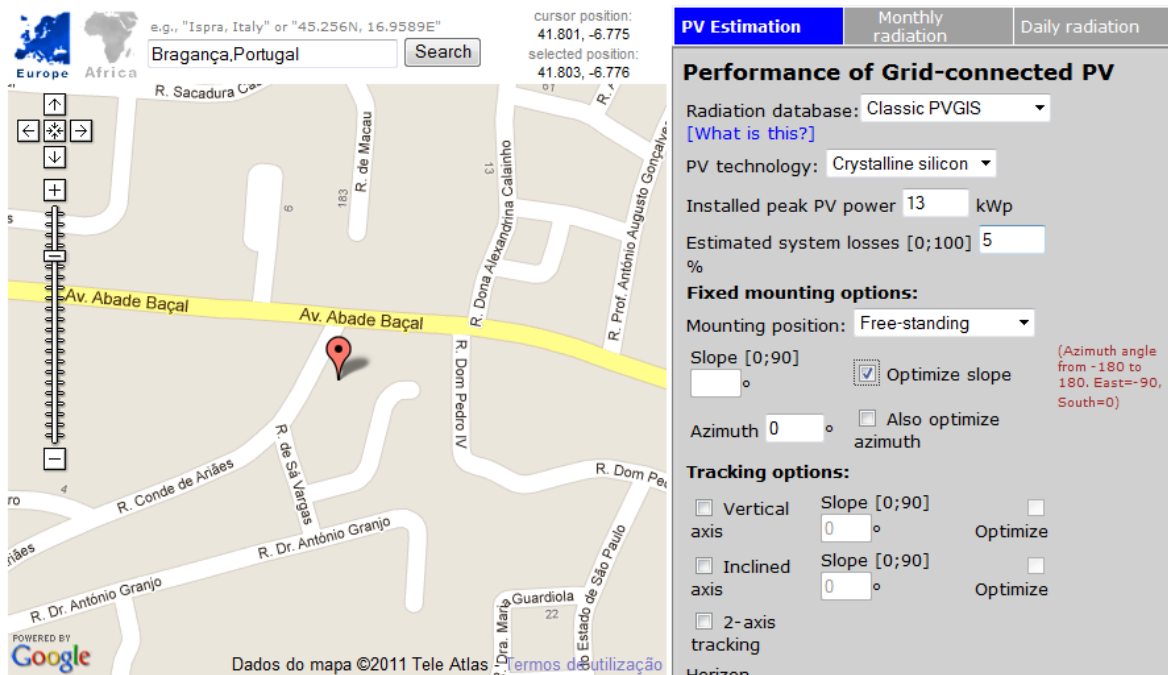
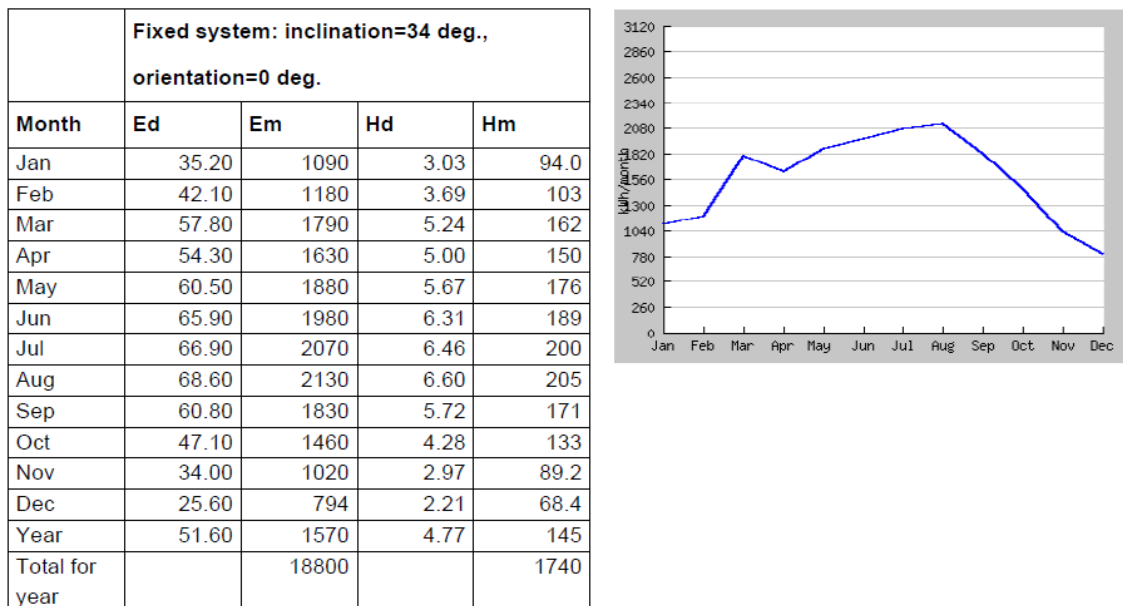


FIGURA 32 – Introdução de dados no PVGIS [27]

Obtendo-se a figura seguinte:



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)

FIGURA 33 – Estimativa de energia produzida [27]

7.4. Esquema de instalação

Consultando as soluções de ligação no site <http://www.renovaveisnahora.pt>, conclui-se que para este tipo de instalação a mais adequada é a solução D.

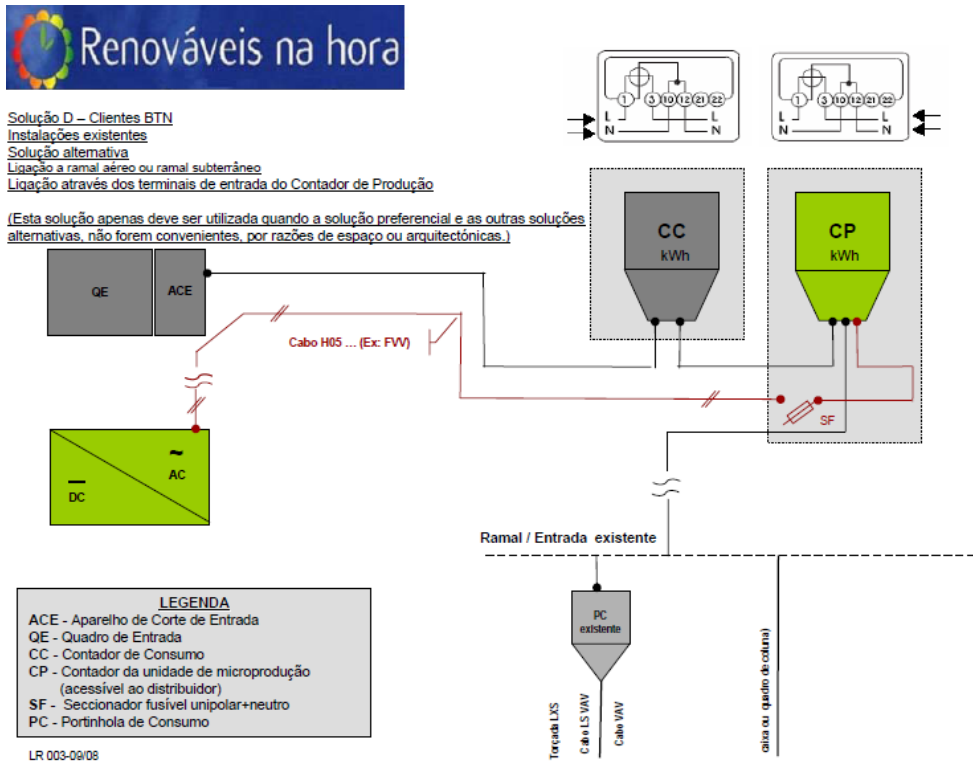


FIGURA 34 – Solução D – Clientes BTN [10]

Solução D – Esquema de pormenor (multifilar)
Ligação à rede através dos terminais de entrada do contador de produção

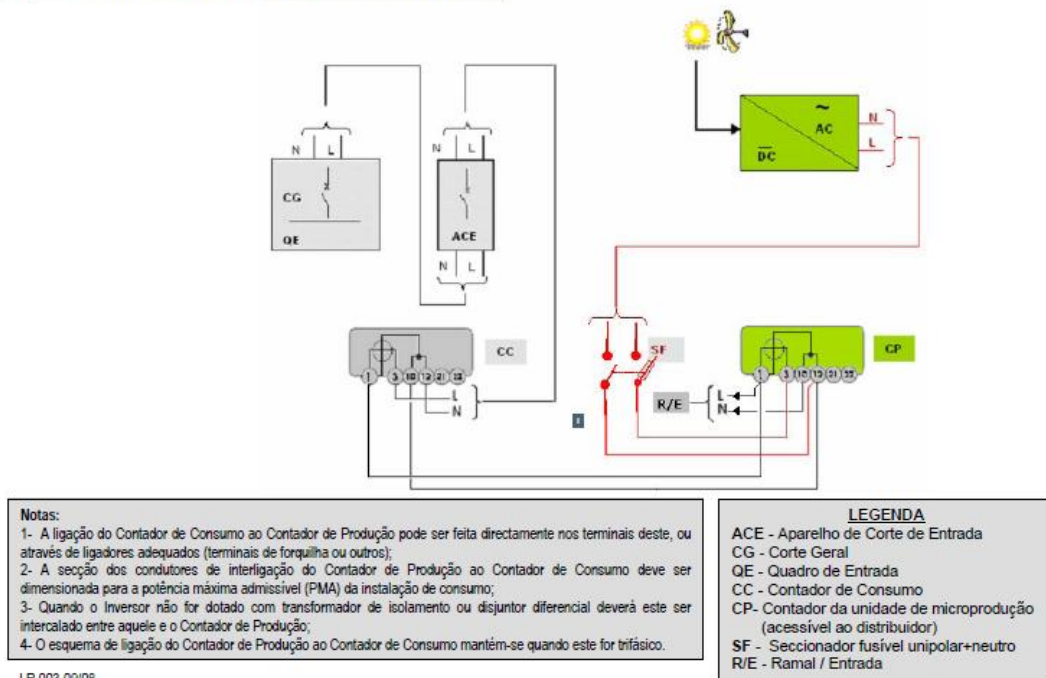


FIGURA 35 – Solução D – Esquema de pormenor [10]

Na figura seguinte é mostrado o esquema unifilar inserido na instalação do edifício.

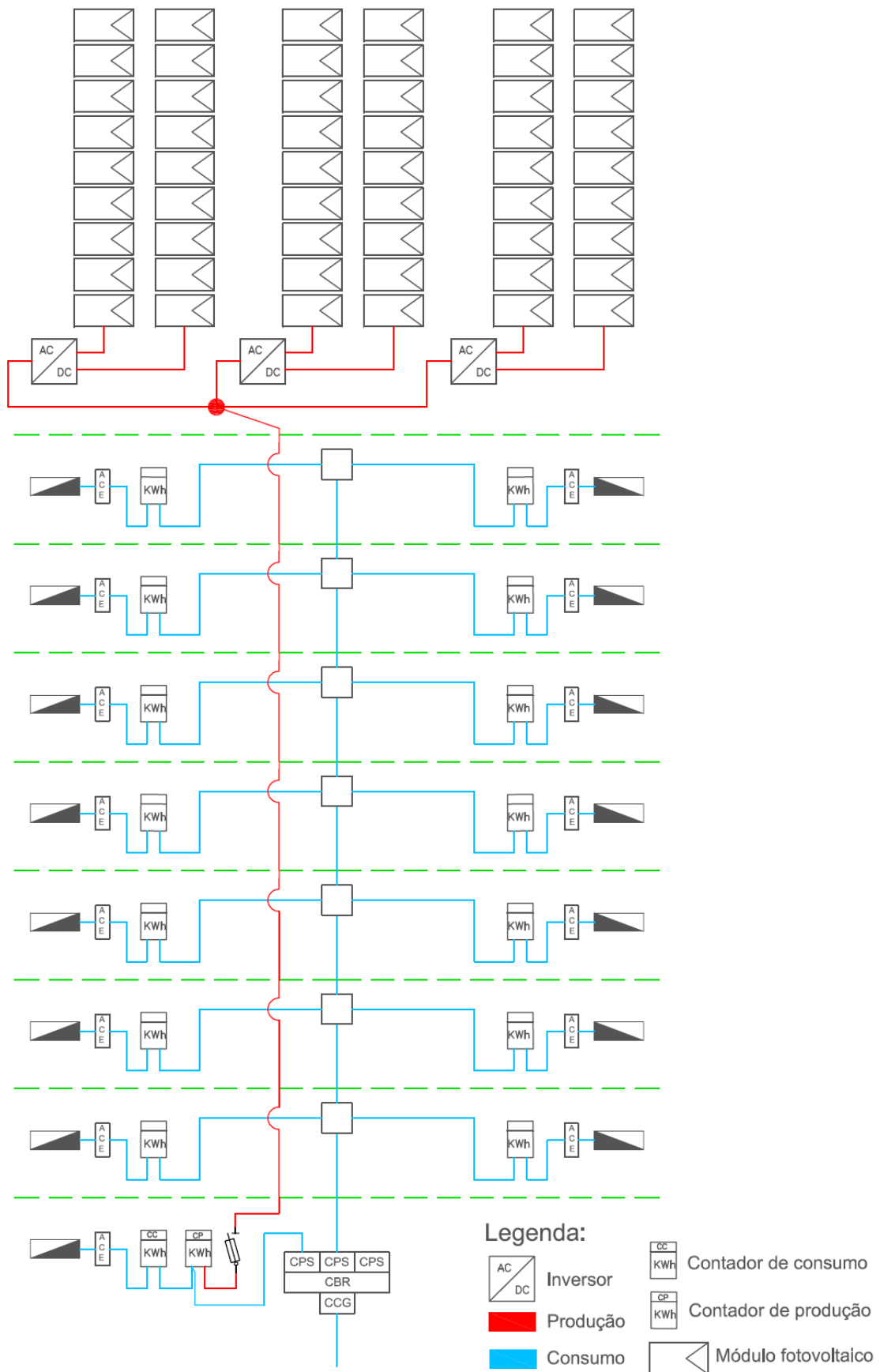


FIGURA 36 – Esquema unifilar inserido na instalação do edifício

7.5. Instalação dos módulos solares

Conforme se pode verificar no ponto anterior, foram dimensionados 54 módulos solares, divididos por 3 inversores, e como cada inversor só tem um ponto de seguimento de potência máxima implica que cada grupo de 18 módulos tenha a mesma orientação.

Pelas características fornecidas pelo fabricante sabemos a dimensão de cada módulo, sendo respetivamente:

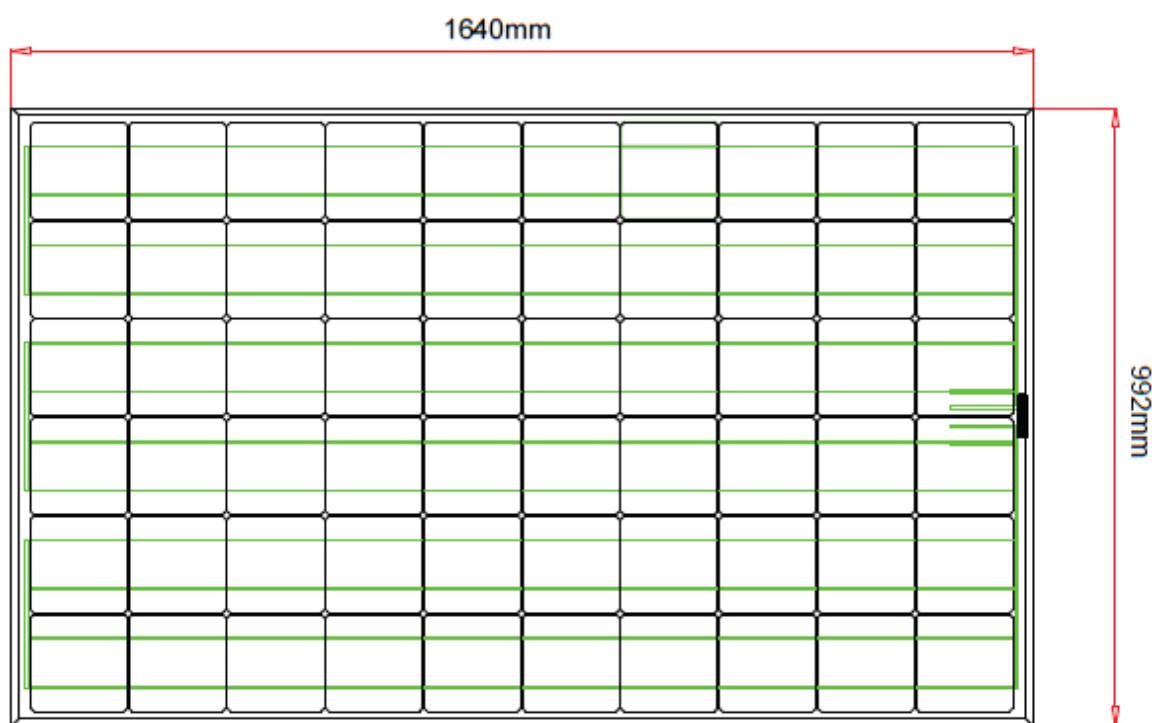


FIGURA 37 – Dimensão dos módulos [25]

Com a utilização destes módulos necessitamos no total de aproximadamente 88 m², valor bastante inferior ao disponível (261 m²).

Apesar de termos bastante área disponível temos de ter em consideração os obstáculos existentes possíveis de causar sombra, pelo que, para minimizar o efeito das sombras foi efetuado um levantamento mais detalhado do local.

7.5.1. Tipos de sombras

Os resultados operativos obtidos no programa Alemão dos “1000 telhados”, demonstraram que existe sombreamento parcial em cerca de metade dos sistemas, devido a circunstâncias específicas que se prendem com a sua localização. Para um número substancial destes sistemas, as sombras provocaram reduções anuais de produção de energia entre 5 a 10 %.

Em muitos dos casos, a sombra pode ser classificada como temporária, como resultado da localização do sistema ou do edifício. Neste contexto pode-se destacar [11]:

a) Sombreamento temporário

O típico sombreamento temporário resulta da presença de neve, de folhas e de dejetos de pássaros, entre outros tipos de sujidade. A neve constitui um fator significativo para um sistema localizado na Serra da Estrela, sendo também um fator a considerar nas instalações situadas nos pontos mais altos da região de Trás-os-Montes.

O sombreamento causado pelas folhas, pelos dejetos de pássaro e pela poluição do ar, têm um impacto mais forte e mais duradouro, e se um sistema for fortemente afetado por estes fatores, a limpeza regular dos módulos fotovoltaicos aumentará de um modo notável a energia produzida. Numa localização normal e com um painel onde se verifique um declive adequado, pode assumir-se que a perda devida à sujidade assume um valor entre 2 % a 5 % [11].

b) Sombreamento em consequência da localização

O sombreamento em consequência da localização, compreende todo o sombreamento produzido pela envolvente do edifício. Os prédios vizinhos (incluindo edifícios altos distantes) e as árvores, podem sombrear o sistema fotovoltaico e/ou, pelo menos, levar ao escurecimento do horizonte.

Os cabos por cima do prédio podem também ter um efeito particularmente negativo, projetando sombras que se movem constantemente [11].

c) Sombreamento produzido pelo edifício

As sombras geradas pelo próprio edifício envolvem sombras constantes, devendo por isso ser consideradas de modo particularmente especial. Deve ser dada particular atenção às chaminés, antenas, pára-raios, antenas de satélite, saliências do telhado e da fachada, ressaltos da estrutura do prédio, etc.

Alguns sombreamentos podem ser evitados, deslocando os módulos fotovoltaicos ou o objeto que causa a sombra (por exemplo, a antena) [11].

d) Sombreamento provocado pelos módulos fotovoltaicos

Os próprios módulos fotovoltaicos também provocam sombra, daí a necessidade de ser dimensionada corretamente a distância mínima entre eles, tendo em consideração o ângulo com que são instalados e o declive do telhado ou local, bem como para o período mais desfavorável do ano, evitando-se assim uma diminuição de produção de energia.

7.5.2. Distância mínima entre módulos e sombras

Nos estudos sobre Energia Solar é conveniente adotar como referencial o da Terra, o que equivale a admitir que o Sol roda à volta da Terra, e para o cálculo de sombras é necessário conhecer alguns parâmetros fundamentais relacionados com as coordenadas solares, os quais vão ser referidos a seguir.

- **Latitude (φ)** – É o ângulo formado pela vertical de um ponto geográfico considerado e pelo plano do equador, mede-se em graus, podendo variar entre 0° (equador) e 90° para norte (N) ou para sul (S) [26].

- **Longitude** – É o valor angular, junto ao eixo da terra, do plano formado pelo prolongamento das extremidades do arco de paralelo compreendido entre o meridiano de Greenwich e o meridiano do lugar de referencia, considerando-se este plano sempre o paralelo ao plano do equador, podendo variar entre 0° (meridiano de Greenwich) e 180° para leste (E) ou para oeste (W) [26].
- **Declinação solar (δ_s)** – Varia ao longo do ano e é o ângulo entre o plano do equador e a reta definida pelos centros da Terra e do Sol. A declinação solar varia entre - 23,45° no **solstício** do Inverno (21 de Dezembro) e + 23,45° no **solstício** do Verão (21 ou 22 de Junho) e é nula dos **equinócios** (da Primavera 20 ou 21 de Março, e do Outono 21 de Setembro) (duração do dia = duração da noite).
Pelo facto de o ano solar ter um pouco mais do que 365 dias (cerca de 365,25 dias), a declinação solar num determinado dia dum dado mês varia ligeiramente de ano para ano, pelo que, a equação seguinte para obter a declinação solar é apenas aproximada [28].

$$\delta_s = 23,45 \times \text{sen}\left(360 \times \frac{284 + n}{365}\right) \quad (7.7)$$

Sendo n o número do dia do ano ($n=1$ no dia 1 de Janeiro)

- **Altura solar (Y_s)** – É o angulo compreendido entre o raio solar e a projecção do mesmo sobre o plano horizontal. A altura do sol pode-se determinar sabendo antecipadamente o valor do angulo de declinação e o respetivo valor da latitude do local [26].

$$\text{sen}(Y_s) = \text{sen}(\varphi) \times \text{sen}(\delta_s) + \cos(\varphi) \times \cos(\delta_s) \times \cos(h_s) \quad (7.8)$$

Sendo h_s o angulo solar em graus, em que ao meio dia solar é igual a zero

- **Azimute solar (a_s)** – É o ângulo formado pela projecção horizontal da linha perpendicular à superfície captadora e a linha que passa por esta e o sul geográfico, chamado de meridiano do lugar [26].

$$\text{sen}(a_s) = \frac{\cos(\delta_s) \times \text{sen}(h_s)}{\cos(Y_s)} \quad (7.9)$$

Para definir com precisão a posição do Sol em cada instante, em relação a um observador hipotético que se encontre imóvel num plano horizontal, utilizam-se as duas coordenadas (altura solar [Y_s] e azimute solar, [a_s]).

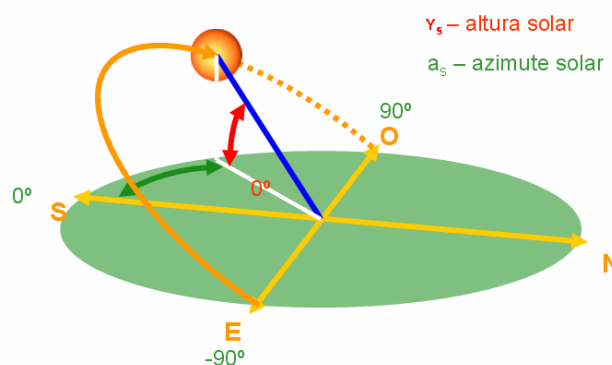


FIGURA 38 – Coordenadas solares [29]

A distância adequada entre filas de módulos depende de vários fatores, sendo eles os seguintes:

- **L** – Longitude do módulo pode ser o comprimento ou largura, depende da forma que for colocado
- **β** – Angulo com que o módulo vai ser instalado
- **Y_s** – Angulo da altura solar mínima do local aonde vão ser instalados

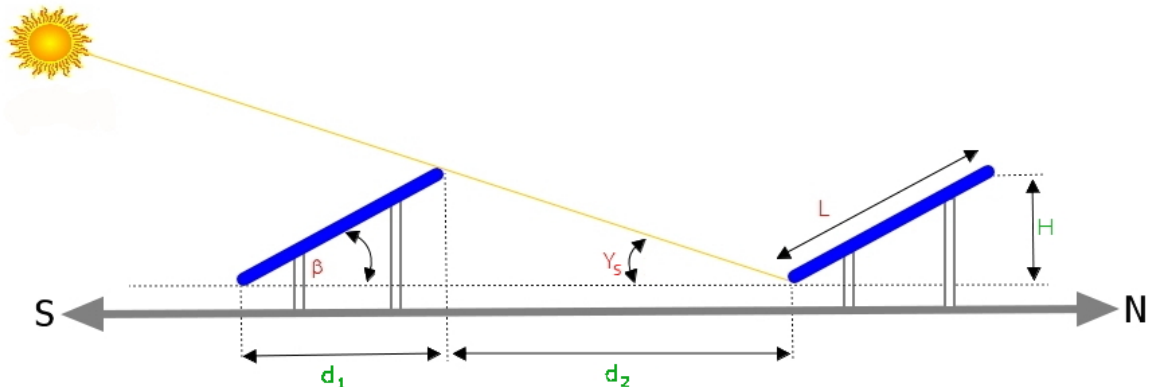


FIGURA 39 – Fatores a ter em conta na instalação dos módulos

Através da aplicação das formulas trigonométricas obtém-se a expressão resumida para obter a distância mínima entre módulos, em que:

$$d_1 + d_2 = L \times \left(\cos Y_s + \frac{\text{sen } \beta}{\text{tg } Y_s} \right) \quad (7.10)$$

$$d_1 = \cos \beta \times L \quad (7.11)$$

$$H = \text{sen } \beta \times L \quad (7.12)$$

Com base na informação anterior vamos calcular a distância mínima entre módulos, tanto para colocação na vertical como na horizontal, para vermos qual se adapta melhor à área disponível.

Para uma utilização anual, o dia mais desfavorável corresponde ao 21 de Dezembro, sendo o dia em que a altura solar é mínima. Aplicando a equação 7.7, em que $n=355$, temos:

$$\delta_s = 23,45 \times \text{sen} \left(360 \times \frac{284 + 355}{365} \right) = 23,45$$

Aplicando a equação 7.8 obtém-se a altura solar, que ao meio dia solar tem o valor de:

$$\text{sen}(Y_s) = \text{sen}(41,8) \times \text{sen}(23,45) + \cos(41,8) \times \cos(23,45) \times \cos(0) \Rightarrow Y_s = 24,7$$

Através da aplicação das equações 7.10, 7.11, 7.12 e com base no angulo ótimo de instalação dos painéis, obtido através do PVGIS (34°) aquando do cálculo da estimativa da energia produzida.

Para a colocação dos módulos na vertical obtém-se os valores em metros da figura seguinte:

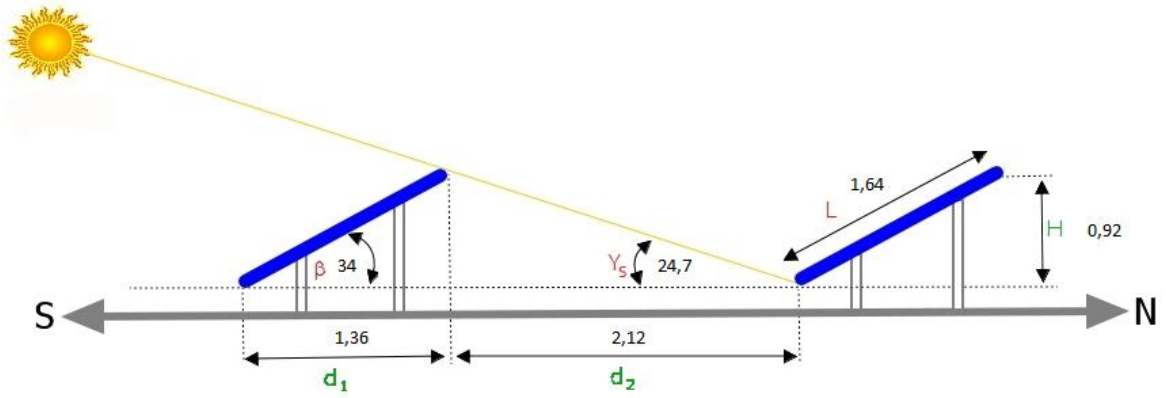


FIGURA 40 – Dados para colocação dos módulos na vertical

Para colocação dos módulos na horizontal obtém-se os valores em metros da figura seguinte:

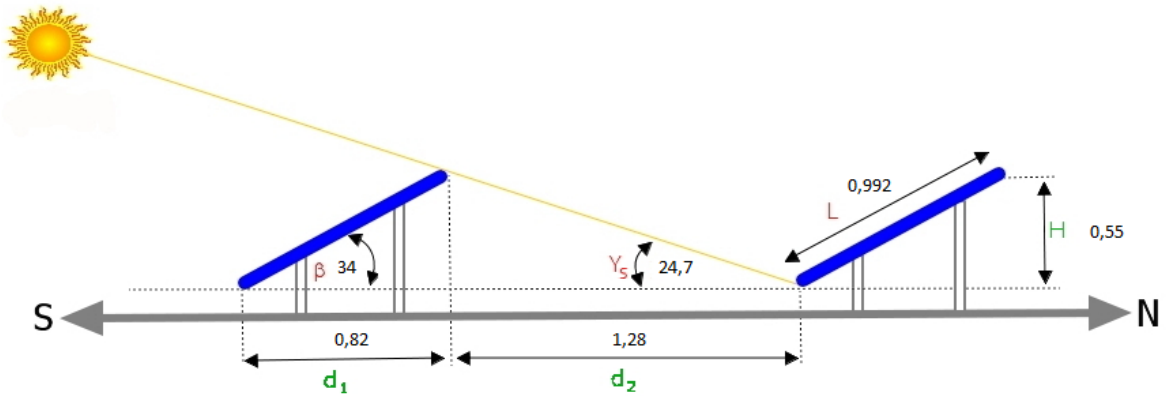


FIGURA 41 – Dados para colocação dos módulos na vertical

A seguir é mostrada uma figura com as áreas disponíveis e obstáculos possíveis de causar sombra, para uma melhor análise dos locais para instalação dos módulos.

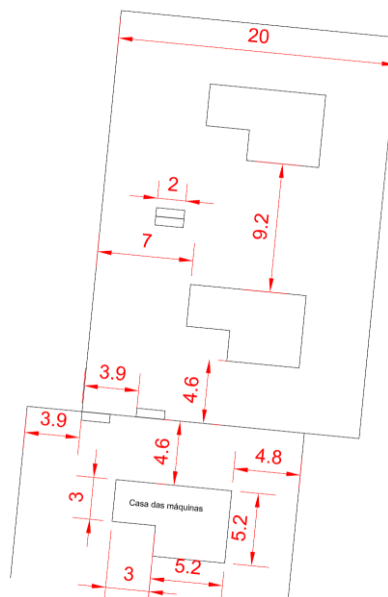


FIGURA 42 – Medidas levantadas no local

Como se pode verificar temos a casa das máquinas dos elevadores e as chaminés que podem causar sombras e afetar o rendimento dos módulos caso não sejam bem colocados.

Do nível previsto para a parte inferior dos módulos até à altura máxima das chaminés e da casa das máquinas, existe a distância de 2 m, pelo que vai ser em função dessa medida que vão ser calculadas as possíveis sombras.

Para calcular as sombras utilizaremos o teorema de Pitágoras em que :

$$d = \frac{H}{\text{Tg}(h)} \quad (7.13)$$

Obtendo-se assim o valor em metros do limite que a sombra provocada pelas chaminés e casa das máquinas poderá atingir :

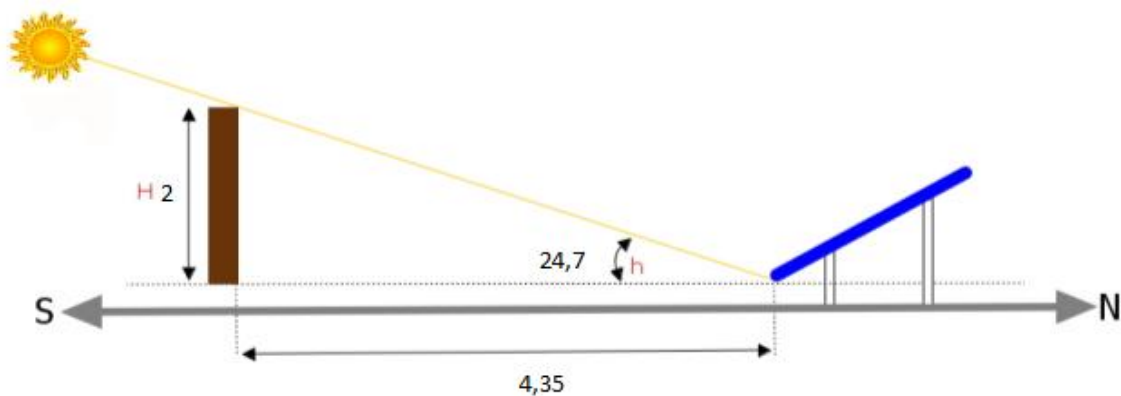


FIGURA 43 – Sombra provocada pelos obstáculos

Analisando todas as medidas e obstáculos, verifica-se que na parte superior da casa das máquinas não existe a possibilidade de ocorrerem sombras e tem área suficiente para colocar duas fileiras de módulos na vertical, colocando suportes adequados para o efeito.

Os restantes vão ser distribuídos de acordo com a figura seguinte, de forma a respeitar as distâncias calculadas minimizando a ocorrência de sombras.

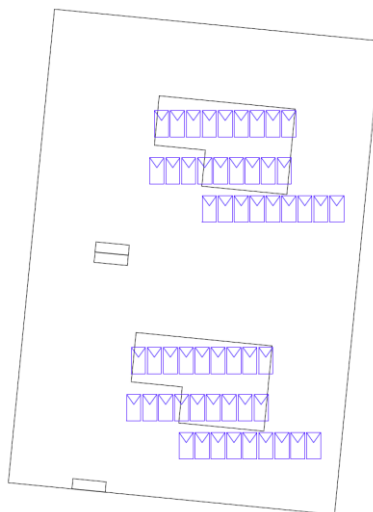


FIGURA 44 – Distribuição dos módulos

7.6. Dimensionamento da cablagem e proteções

Após projetarmos os módulos a instalar e o seu tipo de ligação, bem como os inversores a utilizar, é necessário dimensionar os cabos que vão transportar a energia e que interligam todos os equipamentos, e suas proteções.

7.6.1. Cabos

Para a instalação elétrica de um sistema fotovoltaico, apenas devem ser usados cabos que cumpram os requisitos para esta aplicação. Normalmente num sistema ligado à rede existem diversos tipos de cabos, dos quais se destacam os cabos de módulo ou de fileira, cabo principal DC e cabo do ramal AC.

No dimensionamento dos cabos deve ser cumprido os limites fixados pela tensão nominal e pela corrente máxima admissível do cabo, e também os limites previstos para a queda de tensão (ΔV), e a minimização das perdas na linha, em que:

$$\Delta V = R \times I \quad (7.14)$$

R – Resistência do condutor do cabo; I – Intensidade de corrente que percorre o cabo

A resistência do condutor deverá ser calculada conhecendo a resistividade do material, a secção e o comprimento do cabo através da fórmula seguinte:

$$R = \rho \times \frac{L}{S} \quad \text{ou} \quad R = \frac{L}{S\sigma} \quad (7.15)$$

ρ – Resistividade do condutor do cabo; σ – Condutividade do condutor; L – Comprimento do condutor

Sempre que houver possibilidade de opção, os cabos de policloreto de vinilo (**PVC**) não deverão ser usados no exterior. O material halogeneizado **PVC** é frequentemente utilizado nas instalações elétricas. Tendo em consideração os impactos no ambiente, deverão ser escolhidos produtos isentos de halogéneo.

Por razões associadas à proteção contra falhas de terra e curto-circuitos, recomenda-se o uso de cabos monocondutores isolados para as linhas positiva e negativa. Se forem usados cabos multicondutores, o condutor de proteção verde/amarelo não deverá estar sujeito a qualquer tensão. Para as instalações fotovoltaicas expostas ao risco de incidência de relâmpagos, deverão ser usados cabos blindados. Os cabos devem ser encaminhados de modo a que a sua integridade mecânica nunca seja posta em causa (ex. pela ação de roedores) [11].

A cablagem em DC deve ser levada a cabo com extremo cuidado, pois a fraca qualidade dos contactos elétricos pode levar ao aparecimento de arcos e conseqüentemente, ao aumento de risco de incendio [26]. No caso de sistemas ligados à rede é utilizada a cablagem DC na ligação dos módulos ao inversor.

O cabo de ligação de corrente alternada liga o inversor à rede recetora, através do equipamento de proteção. No caso dos inversores trifásicos, a ligação à rede de baixa tensão é efetuada com um cabo de cinco polos. Para os inversores monofásicos é usado um cabo de três polos [11].

7.6.1.1. Cálculo da secção da cablagem das fileiras

A partir das equações 7.14 e 7.15, tendo em conta a queda de tensão máxima permitida (1%), obtém-se a equação seguinte para dimensionar a cablagem dos módulos até ao inversor:

$$S_{\text{fileira}} = \frac{2 \times L_{\text{fileira}} \times I_{\text{fileira}}}{1\% V_{\text{MPP}} \times \sigma} \quad (7.16)$$

S_{fileira} - Secção do cabo de fileira DC em mm²; L_{fileira} – Comprimento da cablagem da fileira, em metros; I_{fileira} – Corrente nominal proveniente da fileira, em ampere; σ - Condutividade do condutor (para o cobre é de 56m/Ω mm²); V_{MPP} – Valor da tensão proveniente da fileira, em volt

Aspetos a considerar [26]:

- O resultado obtido deve ser arredondado para o maior valor aproximado das secções nominais dos cabos standard (2,5 mm², 4 mm², 6 mm², etc...);
- O cabo de fileira deverá ter de suportar 1,25 vezes a I_{cc} do gerador FV, e incluir as devidas proteções contra falhas de terra e curto-circuitos (norma europeia IEC 60364-7-712);
- É recomendável comparar a tensão nominal do cabo com a tensão de circuito aberto a -10°C perante um sistema fotovoltaico com fileiras longas;
- Na parte superior dos painéis, os cabos utilizados deverão ser flexíveis, bem como ter resistência à radiação UV e a temperaturas elevadas (mínimo de 80°C).

Após escolhida a secção a utilizar, as perdas totais (em Watts) nos cabos do sistema fotovoltaico podem ser obtidas através da fórmula seguinte, onde N representa o número de fileiras do gerador:

$$\text{Perdas}_M = \frac{2 \times N \times L_{\text{fileira}} \times I_{\text{fileira}}}{S_{\text{fileira}} \times \sigma} \quad (7.17)$$

Devido ao número de fileiras a utilizar e as características do inversor o sistema em estudo dispensa a utilização do cabo principal em DC, dado que cada fileira irá ligar diretamente no inversor.

Utilizando a equação 7.16 permite-nos saber qual a secção mínima necessária para evitar quedas de tensão superiores ao permitido, em que pelos dados verificados em outros pontos deste trabalho verificamos que iremos ter 6 fileiras (2 associadas a cada inversor), e pela disposição dos módulos, os inversores serão instalados na casa das máquinas dos elevadores, de forma a ficarem mais protegidos das condições atmosféricas.

Através de medidas efetuadas no local obteram-se os seguintes comprimentos:

Tabela 30 – Comprimento do cabo das fileiras

Distâncias (m)	Inversor 1	Inversor 2	Inversor 3
Fileira 1	8	18	15
Fileira 2	8	20	8

Como os valores de comprimento das fileiras são diferentes, opta-se por efetuar o cálculo para a situação mais desfavorável (20 m), e optar por uniformizar o cabo utilizado, e com a aplicação da equação acima referida obtém-se o valor seguinte:

$$S_{\text{fileira 2}} = \frac{2 \times 20 \times 8,11}{0,01 \times 9 \times 22,58 \times 56} = 2,85 \text{ mm}^2$$

Opta-se pela secção de 4 mm², pois é a secção superior normalizada mais próxima.

Foi selecionado o cabo Exzhellent Solar do tipo XZ1FA3Z-K, o qual garante todos os aspetos a considerar vistos anteriormente, e é mostrado na figura seguinte:



FIGURA 45 – Cabo solar [30]

7.6.1.2. Cálculo da secção da cablagem do cabo AC

O cabo que liga o inversor à rede receptora deve ser dimensionado assumindo uma queda de tensão máxima admissível na linha de 3%, relativamente à tensão da rede [26].

A formula seguinte permite-nos determinar a secção transversal do cabo AC de ligação do inversor à rede electrica:

$$S_{AC} = \frac{2 \times L_{AC} \times I_{nAC} \times \cos \varphi}{3\% U_N \times \sigma} \quad (7.18)$$

Nota: Para uma instalação trifásica é só alterar o 2 por $\sqrt{3}$

S_{AC} - Secção do cabo de AC, em mm²; L_{AC} - Comprimento do cabo AC, em metros; I_{nAC} - Corrente nominal AC do inversor, em ampere; σ - Condutividade do condutor (para o cobre é de 56 m/Ω mm² e para o alumínio 34 m/Ω mm²); U_N - Valor de tensão nominal da rede, em volts (230 VAC em monofásico e 400 VAC em trifásico); $\cos \varphi$ - Fator de potência (normalmente entre 0,8 e 1)

As perdas podem determinar-se através da fórmula seguinte:

$$S_{AC} = \frac{2 \times N \times L_{AC} \times I_{nAC}^2 \times \cos \varphi}{S_{AC} \times \sigma} \quad (7.19)$$

Como a instalação dos inversores vai ser efetuada na casa das máquinas no topo do edifício, e a equipa de contagem ficara no R/C, iremos ter um comprimento de 30 metros na cablagem AC, pelo que, a secção necessária para cada fase pode ser calculada através da equação 7.18, obtendo-se o seguinte valor:

$$S_{AC} = \frac{2 \times 30 \times 16 \times 0,9}{0,03 \times 230 \times 56} = 2,23 \text{ mm}^2$$

A secção dos condutores a utilizar será de 6 mm² (valor mínimo exigido pelas RTIEBT).

7.6.2. Proteções

Como a estrutura de suporte dos módulos fotovoltaicos é metálica, é aconselhável a ligação dessa mesma estrutura à terra.

A equipotencialização e a ligação à terra dos módulos FV deve ser garantida, uma vez que na associação destes temos valores de tensão acima dos 120 VDC.

A proteção com o descarregador de sobretensões deve ser garantida, tanto no lado DC como AC, isto é, na caixa de ligações dos módulos FV e junto do inversor, caso a distância da caixa ao inversor seja grande.

Na eventualidade de o inversor possuir em ambos os seus lados proteções contra sobretensões no seu interior, é dispensável a utilização do DST no lado AC.

A interligação do terminal principal de terra dos painéis à terra só é possível caso o valor da resistência de terra seja igual ou inferior a 10Ω (tal também será válido para instalações em que já existam captadores de pára-raios no edifício) [26].

7.6.2.1. Acoplamento eletromagnético

O raio provocado por uma tempestade ou outro fenómeno é portador de fortes campos eletromagnéticos que produzem uma corrente elevadíssima. Este raio pode ser acoplado indutivamente nos módulos fotovoltaicos, nos cabos dos módulos e ainda no cabo principal DC.

No intuito de reduzir o efeito de espira nos condutores ativos, cada condutor ativo de uma fileira (positivo e negativo) deve estar tão próximo um do outro quanto possível, isto é, a área formada pelos condutores deve ser a mais pequena possível [26].

Quanto menor for a área, menor será o valor da tensão induzida pela corrente de descarga nos cabos dos módulos FV.

A figura seguinte mostra como deve ser efetuada a ligação:

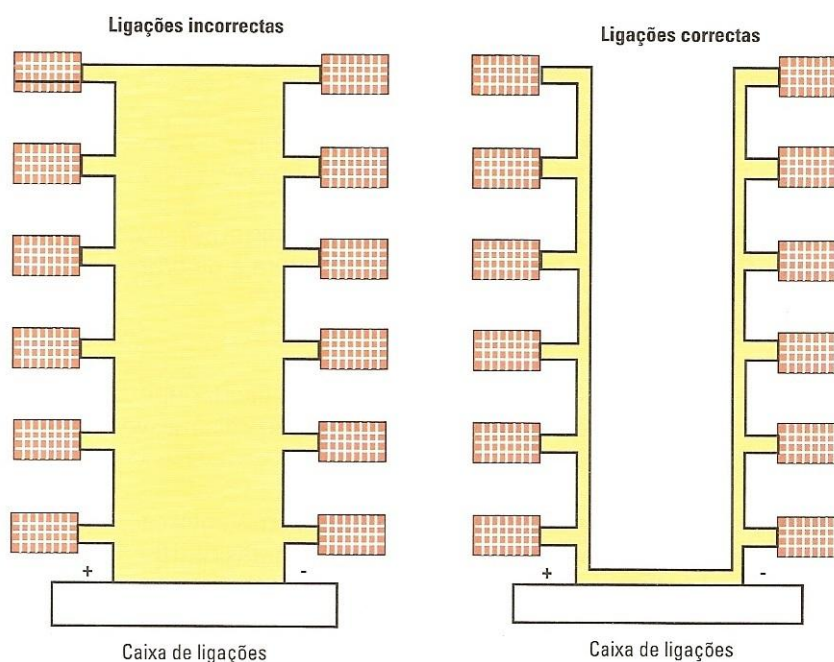


FIGURA 46 – Ligação dos módulos FV [26]

7.6.2.2. Fusíveis de fileira

Na proteção individual dos cabos das fileiras deve-se ter em atenção que a corrente de curto-circuito é aproximadamente igual à corrente nominal da fileira. Este facto condiciona o tipo de fusíveis que é possível utilizar para a proteção dos cabos da fileira contra curto-circuitos [11].

Nos sistemas com menos de 4 fileiras, não é necessário a inclusão deste tipo de fusíveis. Uma análise de defeitos mostra que num sistema de 3 ou menos fileiras, a possibilidade de haver uma geração de corrente de defeito alta é nula, para que induza correntes inversas passivas de causar um mau funcionamento do sistema [26].

Se a cablagem for dimensionada corretamente, de forma a suportar as correntes de curto-circuito do gerador FV, será suficiente para a não utilização dos fusíveis de fileira, mas a inclusão destes só trará benefícios à instalação, e no caso de serem incluídos devem ser colocados nos circuitos positivos e negativos dos cabos de fileira [26].

A corrente máxima admissível no cabo deve ser superior à corrente nominal do aparelho de proteção e inferior à corrente limite de não fusão. A corrente limite de não fusão terá de ser igual ou inferior a 1,15 vezes a corrente máxima admissível pelo cabo utilizado na ligação do gerador fotovoltaico [26]. De acordo com as RTIEBT é aconselhável o recurso às condições $I_B \leq I_N \leq I_2$ e $I_2 \leq 1,45 I_2$ em que:

I_B – Corrente de serviço; I_N – Corrente estipulada do fusível; I_2 – Corrente admissível na canalização; I_2 – Corrente estipulada de funcionamento da proteção; $1,45 I_2$ – Valor limite térmico da canalização.

Estes fusíveis devem trabalhar com tensões que são obtidas através da seguinte fórmula [26]:

$$U = M \times 1,15 \times V_{OC} \quad (7.20)$$

M – Número de módulos em serie em cada fileira; V_{OC} – Tensão em circuito aberto

O índice de corrente I_N do fusível de fileira terá de ser igual ou superior a $1,5 \times I_{CC}$ (I_{CC} - Corrente de curto-circuito do módulo).

Como neste projeto a cada inversor estão associadas duas fileiras, podemos dispensar a utilização de fusíveis de fileira.

7.6.2.3. Equipamentos de corte e seccionamento

O aparelho de corte geral ou interruptor DC tem a função de isolar manualmente o gerador fotovoltaico, ação esta que é necessária durante a instalação, manutenção e reparação do gerador fotovoltaico [26].

Segundo a norma IEC 60364-7-712, é exigido um interruptor de corte geral entre o gerador FV e o inversor, tanto nos lados AC como DC. Para um isolamento eficaz do circuito positivo e negativo do gerador, o interruptor DC a instalar deverá ser bipolar, possuindo ainda um elevado poder de corte para que, aquando da sua abertura, esta seja efetuada da forma mais segura possível [26].

O interruptor DC deverá ser dimensionado tendo em atenção a tensão máxima em circuito aberto do gerador fotovoltaico à temperatura de -10 °C e para 125 % da corrente máxima do gerador FV.

Da mesma forma, no lado em AC poder-se-á utilizar um interruptor ou disjuntor que seja indicado para uma corrente e tensão adequada.

É recomendável que se opere o interruptor DC após o isolamento do circuito AC. Poderão ainda ser inseridos no circuito interruptores DC com bloqueio, bem como avisos de instrução de manuseamento do interruptor de corte. O interruptor DC fica normalmente inserido na caixa de junção do gerador FV, instalado antes do inversor [26].

7.6.2.4. Proteção contra descargas atmosféricas

A estrutura dos módulos FV é normalmente metálica, e pode ser considerada como captadora de descargas atmosféricas, pelo que a sua ligação deve ser feita à terra.

O sistema de proteção deverá ser constituído por um dispositivo de captação, um condutor de cobre com a secção mínima de 16 mm² para escoar a descarga e um sistema de ligação à terra.

Dependendo do tipo de instalação com que nos podemos deparar pode ser ou não feita a ligação da estrutura à terra, dependendo acima de tudo do tipo de dimensão que o sistema tem e também da localização do mesmo.

Um edifício pode ser mais afetado por uma descarga indireta do que por uma descarga direta. O sistema fotovoltaico, durante o tempo de vida útil, irá ficar com diversos efeitos indiretos causados pelas descargas atmosféricas.

Segundo a norma IEC 364-5-54, uma das condições para a proteção de instalações elétricas interna contra descargas atmosféricas é a ligação equipotencial dos elementos condutores, sendo esta condição aplicada aos sistemas FV [26].

7.7. Estudo de viabilidade económica

Pela proposta de orçamento recebida, o valor do investimento, com iva já incluído, ficará em 39.892,18 €, mas devido ao valor de registo no SRM e à auditoria energética que é necessária para acesso ao regime bonificado, o valor vai ser arredondado para 40 000 €.

Para efeitos de estudo vai ser considerado que não existe a necessidade de recorrer a financiamento bancário e será elaborado para o prazo de 15 anos. A renumeração será em regime bonificado de acordo com as condições estabelecidas no Decreto-Lei n.º 118-A/2010, e considerando as alterações publicadas na Portaria n.º 284/2011 de 28 de Outubro.

Assumindo que a microprodução seria ligada no início de 2012 obter-se-iam os seguintes valores:

- ❖ 0,32 € por kW/h nos primeiros 8 anos e 0,18 € por kW/h nos restantes 7 anos

Considerando os dados do fabricante em que garantem 90 % da potência de saída ao fim de 10 anos, e 80 % ao fim de 25 anos, para efeitos de cálculo da energia produzida vai haver um decréscimo de 1 % ao ano, obtendo-se a tabela seguinte:

Tabela 31 – Estudo de viabilidade económica

	Investimento (€)	Energia Gerada (kWh)	Preço do KW/h (€)	Rendimento anual (€)	Cash Flow (€)
2011	40000	0	0,38	0,00	-40000,00
2012	0	18800	0,32	6016,00	-33984,00
2013	0	18612	0,32	5955,84	-28028,16
2014	0	18424	0,32	5895,68	-22132,48
2015	0	18236	0,32	5835,52	-16296,96
2016	0	18048	0,32	5775,36	-10521,60
2017	0	17860	0,32	5715,20	-4806,40
2018	0	17672	0,32	5655,04	848,64
2019	0	17484	0,32	5594,88	6443,52
2020	0	17296	0,18	3113,28	9556,80
2021	0	17108	0,18	3079,44	12636,24
2022	0	16920	0,18	3045,60	15681,84
2023	0	16732	0,18	3011,76	18693,60
2024	0	16544	0,18	2977,92	21671,52
2025	0	16356	0,18	2944,08	24615,60
2026	0	16168	0,18	2910,24	27525,84

Conforme se pode verificar, ao fim de 7 anos já foi recuperado o investimento efetuado.

8. Conclusão

Com base nos estudos efetuados, resumidos na tabela seguinte, podemos concluir que referente à iluminação das entradas seria uma boa opção, tanto a substituição somente das lâmpadas atuais por LFCs, mas também a substituição de luminárias com sensores de movimento equipadas com LFCs, sendo esta a minha preferência, devido à valorização do edifício, pois iria ficar mais bem qualificado no que diz respeito a certificação energética, sendo uma mais valia para quem pretenda vender as frações. Referente aos elevadores a remodelação da iluminação da cabine seria bastante vantajosa e o investimento é recuperado ao final de um ano e meio.

Tabela 32 – Retorno do investimento

	Tipo de Remodelação	Consumo (kWh)	Redução de consumo (%)	Investimento Inicial (€)	Payback (Em Anos)	Cash Flow Ao final de 15 anos (€)
Iluminação Entrada A + Entrada B	LFCs	328	81,66	82,80	0,5	4747,29
	LEDs	269	84,99	1041,48	3,3	3989,00
	LFCs + Luminárias	36	97,96	982,80	2,8	4967,30
	LEDs + Luminárias	30	98,33	1941,48	5,4	4028,50
Il. GAR	Fluorescentes T5	412	31,93	345,00	7,9	268,80
Elevadores	Iluminação da cabine	9252	15,77	400,00	1,5	4136,74
	Iluminação da cabine + Motores e Comandos	6979	36,47	60400,00	> 30	-49204,77

Com a implementação de todas as medidas mais eficientes aqui propostas, representaria uma redução de consumo na ordem dos 44 %, mas como vimos, algumas delas não são economicamente viáveis.

Mas como podemos verificar na tabela seguinte, tomando algumas medidas simples, poderíamos reduzir o consumo em 24 %, e o investimento ser recuperado até 2 anos.

Tabela 33 – Redução de consumo

Aplicando as medidas mais eficientes	Consumo (kWh)	Redução de consumo (%)
Situação atual	13450	0
Com recuperação do investimento até 2 anos (LFCs + Iluminação da Cabine)	10255	24
Com recuperação do investimento até 5 anos (LFCs + Luminárias + Iluminação da cabine)	9964	26
Com recuperação do investimento até 8 anos (LEDs + Luminárias + Fluorescentes T5 + Iluminação da cabine)	9763	27
Aplicando todas as medidas mais eficientes	7490	44

Sendo os edifícios, responsáveis por mais de 60% do consumo de energia elétrica final em Portugal, não podemos deixar de lhes dar especial atenção, tornando-os mais eficientes e por outro lado, promover o recurso à introdução de energias renováveis nos mesmos.

Uma grande medida poderá ser tomada logo na fase do projeto de arquitetura dos edifícios, dotando-os de mais iluminação natural, sendo esta também uma grande falha no edifício em estudo.

Em Portugal existem mais de 3,3 milhões de edifícios, é fundamental que os existentes com pior desempenho possam ser forçados ou incentivados a melhorar, e promover que os novos edifícios sejam ainda mais eficientes.

A elaboração desta dissertação permitiu-me ficar mais sensível sobre a importância da eficiência energética, tanto nos edifícios como em outros segmentos, pois é fundamental para a economia e principalmente para a preservação do meio ambiente.

9. Bibliografia

- [1] <http://www.dgge.pt> (Acedida em 07 de julho de 2011)
- [2] <http://www.adene.pt> (Acedida em 09 de Julho de 2011)
- [3] <http://www.ecocasa.pt> (Acedida em 09 de Julho de 2011)
- [4] <http://www.ine.pt> (Acedida em 02 de Agosto de 2011)
- [5] <http://www.edp.pt> (Acedida em 02 de Agosto de 2011)
- [6] <http://www.voxdei.org.br> (Acedida em 19 de Agosto de 2011)
- [7] <http://www.rdmontelevadores.com.br> (Acedida em 20 de Agosto de 2011)
- [8] <http://www.schmitt-elevadores.com> (Acedida em 20 de Agosto de 2011)
- [9] <http://www.otisworldwide.com> (Acedida em 20 de Agosto de 2011)
- [10] <http://www.renovaveisnagora.pt> (Acedida em 17 de Setembro de 2011)
- [11] Energia Fotovoltaica – Manual sobre tecnologias, projeto e instalação (Projeto GreenPro)
- [12] EDP – Guia prático da eficiência energética
- [13] <http://www.pordata.pt> (Acedida em 15 de Outubro de 2011)
- [14] <http://www.cienciahoje.pt> (Acedida em 15 de Outubro de 2011)
- [15] <http://www.erse.pt> (Acedida em 15 de Outubro de 2011)
- [16] <http://newstecnologica.blogspot.com> – Página NTL News Tecnologia (Acedida em 15 de Outubro de 2011)
- [17] <http://www.sempretops.com> (Acedida em 15 de Outubro de 2011)
- [18] <http://ec.europa.eu/energy/efficiency> (Acedida em 15 de Outubro de 2011)
- [19] <http://www.electronica-pt.com> (Acedida em 22 de Outubro de 2011)
- [20] <http://www.philips.pt> (Acedida em 22 de Outubro de 2011)
- [21] Eficiência energética em equipamentos e sistemas elétricos no sector residencial, Edição DGGE / IP-3E
- [22] EDP – Manual de ligações à rede elétrica do serviço público
- [23] <http://www.earthtools.org> (Acedida em 29 de Outubro de 2011)
- [24] <http://www.sma.de> (Acedida em 29 de Outubro de 2011)
- [25] <http://www.renesola.com> (Acedida em 29 de Outubro de 2011)

- [26] Filipe Alexandre de Sousa Pereira e Manuel Ângelo Sarmento Oliveira. Curso técnico instalador de energia solar fotovoltaica. Editora Publindústria, 2011.
- [27] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis> (Acedida em 29 de Outubro de 2011)
- [28] António F. O. Falcão. Energia Solar – Movimento e posicionamento relativos Terra-Sol (2008)
- [29] <http://www.cienciaviva.pt> (Acedida em 29 de Outubro de 2011)
- [30] <http://www.generalcable.pt> (Acedida em 10 de Novembro de 2011)
- [31] Manual de luminotecnia – OSRAM
- [32] <http://construction.pressreleaseforfree.com> (Acedida em 19 de Novembro de 2011)
- [33] <http://www.prof2000.pt> (Acedida em 19 de Novembro de 2011)
- [34] <http://www.eletronica.com> (Acedida em 19 de Novembro de 2011)
- [35] <http://eficienciaenergtica.blogspot.com> (Acedida em 21 de Novembro de 2011)
- [36] Gabinete para o Desenvolvimento do Sector Energético. Novembro de 2010
- [37] <http://paginas.fe.up.pt/> - DEEC - Arminio Teixeira (Acedida em 22 de Novembro de 2011)
- [38] <http://www.eco-tubo.com> (Acedida em 22 de Novembro de 2011)
- [39] Antonio Miravete e Emilio Larrodé. Elevadores: Principios e innovaciones. Editorial Reverté, S. A., 2007
- [40] Patrick Mottier. LEDs for lighting applications. Editora ISTE Ltd, 2009.