

Relatório de Avaliação Energética

**Auditório Fernando Pessa
Câmara Municipal de Lisboa**

No âmbito do Regulamento do Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviço (RECS)

Decreto-lei n.º 101-D/2020

agosto 2023

Elaborado por:

- António Vieira, PQ2
- Tomas Vilela, PQ2
- Sara Colaço, Eng^a

Índice

1	ÂMBITO.....	3
1.1	ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS	3
1.2	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	3
1.2.1	<i>Auditoria e Certificação Energética</i>	3
1.2.2	<i>Resumo</i>	4
2	ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO.....	6
2.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO	6
2.2	CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE DO EDIFÍCIO	7
2.2.1	<i>Envolvente Opaca</i>	8
2.2.2	<i>Vãos Envidraçados</i>	10
2.2.3	<i>Pontes Térmicas</i>	13
2.2.4	<i>Inércia Térmica</i>	13
2.3	CARACTERIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS ENERGÉTICAS.....	13
2.3.1	<i>Climatização e Ventilação (AVAC)</i>	14
2.3.2	<i>Águas Quentes Sanitárias (AQS)</i>	14
2.3.3	<i>Sistemas de Iluminação</i>	15
2.3.4	<i>Elevadores</i>	16
2.3.5	<i>Equipamentos e Outros</i>	16
3	CONSUMOS ENERGÉTICOS	17
4	AVALIAÇÃO ENERGÉTICA.....	18
4.1	CONSUMOS ENERGÉTICOS (MÉTODO PREVISTO – SCE)	21
4.2	CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA.....	21
5	MEDIDAS DE MELHORIA NO ÂMBITO DO SCE.....	23
5.1	MM1 – SUBSTITUIÇÃO DO EQUIPAMENTO ATUAL E/OU INSTALAÇÃO DE BOMBA DE CALOR MAIS EFICIENTE PARA CLIMATIZAÇÃO	23
5.2	MM2 – COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR NAS PAREDES EXTERIORES	24
5.3	MM3 – COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR NA COBERTURA INTERIOR.....	25
5.4	MM4 – SUBSTITUIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS EXISTENTES	25
5.5	MM5 – SUBSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	26
6	CONSUMO ENERGÉTICO E IMPACTO DAS MEDIDAS DE MELHORIA	28

1 ÂMBITO

1.1 ENQUADRAMENTO E OBJECTIVOS

O Decreto-Lei n.º 101-D/2020 regula o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE) e transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva (UE) 2018/844 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios, e a Diretiva 2012/27/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de outubro de 2012, sobre a eficiência energética. Este Decreto-Lei tem como objetivo promover a melhoria do desempenho energético dos edifícios através do SCE.

Pelo SCE são abrangidos os edifícios ou frações, novos ou sujeitos a grandes intervenções, de habitação e comércio e serviços, sendo também alvo do SCE os edifícios ou frações existentes de comércio e serviços. O desempenho energético dos edifícios é caracterizado por um Índice de Eficiência Energética (IEE), existindo a obrigatoriedade de realizar uma auditoria energética periódica dos consumos energéticos dos edifícios existentes, verificando a necessidade de elaborar um Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE), com a identificação e implementação de medidas de eficiência energética com viabilidade económica.

Para edifícios novos ou existentes sujeitos a grandes intervenções é exigida a obtenção do Pré-Certificado, que deverá ser emitido na fase de projeto, antes do início da construção ou intervenção. Para estes edifícios, três anos após o início da exploração, deverá ser realizada uma auditoria energética até ao final do terceiro ano de funcionamento, que avaliará a sua conformidade regulamentar e permitirá aferir a simulação energética realizada. Para os edifícios existentes o Certificado Energético (CE) terá a validade de oito anos (GES) e de dez anos (PES), sendo realizada uma auditoria inicial que permite obter a informação para determinar a classe energética, verificar as condições de gestão e manutenção e propor melhorias no sentido de redução do consumo energético.

Assim, o presente relatório visa apresentar o trabalho de Auditoria Energética realizado no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), Decreto-Lei nº 101-D/2020, no âmbito da emissão do Certificado Energético correspondente ao edifício Auditório Fernando Pessoa, em Lisboa, que se insere na categoria de Pequeno Edifício de Comércio e Serviços (PES), sendo a validade do certificado energético de 10 anos.

1.2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

1.2.1 Auditoria e Certificação Energética

Esta atividade é iniciada por uma visita às instalações, prossegue com a análise de todos os processos/equipamentos relevantes que contribuam, com impacto significativo, para o

consumo anual de energia da instalação e é completada por um diagnóstico que identifica os equipamentos/processos que mais contribuem para o consumo energético em cada instalação abrangendo todos os consumos de energia primária.

Cada instalação é caracterizada pelos tipos de fontes de energia existentes:

- Energia consumida anual (kWh, kWh_{EP}) por fonte de energia primária;
- Emissão de carbono (ton CO₂) por fonte de energia primária;
- Custo específico (€/kWh) por fonte de energia primária;
- Características dos principais equipamentos consumidores de energia;
- Repartição dos consumos pelas diferentes utilizações finais.

Assim, para além da emissão do Certificado Energético, a avaliação energética permite uma caracterização e análise do desempenho energético do edifício e suas instalações técnicas, do perfil e utilização, bem como um conjunto de medidas de melhoria da eficiência energética e utilização de energias renováveis.

A avaliação realizada teve por base a metodologia definida pelo Decreto-Lei n.º 101-D/2020 e nos respetivos Despachos e Portarias que o complementam, principalmente através do Despacho n.º 6476-H/2021.

Todas as peças legislativas podem ser consultadas no sítio internet <https://www.sce.pt/legislacao/>.

1.2.2 Resumo

Após a auditoria energética ao edifício, verifica-se que o edifício possui classificação energética **C**.

Caso pretendam realizar uma grande renovação do edifício a classe a obter deverá ser igual ou superior a C, no caso de edifícios existentes.

Com fim à melhoria da classificação energética do edifício, são propostas medidas de melhoria que irão conduzir a reduções de consumos energéticos e/ou de custos de energia, nomeadamente medidas relacionadas com eficiência energética assentes na adoção de novas tecnologias.

O estudo das medidas apresenta o custo estimado de investimento das medidas, a redução anual expectável de custos e de energia, bem como o respetivo período de retorno simples.

As medidas de melhoria propostas para o edifício estão presentes na tabela seguinte com as respetivas classes energéticas atingidas com a implementação das mesmas.

Tabela 1 – Medidas de melhoria propostas.

Medidas de melhoria	Classe
Substituição do sistema de climatização existente	C
Colocação de isolamento térmico pelo exterior nas paredes exteriores	C
Colocação de isolamento térmico pelo exterior na cobertura interior	C
Substituição dos vãos envidraçados existentes	C
Substituição das luminárias existentes por luminárias de tecnologia Led	C
Todas as medidas de melhoria	B

2 ANÁLISE E CARACTERIZAÇÃO

2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO EDIFÍCIO

O edifício encontra-se no concelho de Lisboa, representado na figura seguinte.



Figura 1 - Localização da fração.

A sua localização geográfica é caracterizada pelos dados climáticos apresentados na tabela seguinte.

Tabela 2 – Dados climáticos.

Parâmetros	Valor
Altitude (m)	64
Temperatura Média Exterior de Inverno (°C)	11.0
Duração Estação de Aquecimento	5.2
Graus-dia	994.5
Temperatura Média Exterior de Verão (°C)	22.2
Zona Climática de Inverno	I1
Zona Climática de Verão	V3

O edifício apresenta uma área de pavimento de aproximadamente 319 m², sendo a principal tipologia a de Teatros e cinemas, como se apresenta na tabela seguinte.

Tabela 3 – Tipologias.

Tipologia	Área [m ²]	Área útil de pavimento [m ²]	Pé-direito [m]
Teatros e cinemas	309	309	3.0
Zonas Técnicas	10	0	5.1
Total	319	309	3.8 ¹

O edifício apresenta soluções construtivas posteriores a 1960, não sendo possível verificar a constituição dos elementos construtivos.

Os vãos envidraçados exteriores assentam em janela simples com caixilharia de alumínio sem corte térmico e vidro simples. Alguns envidraçados do edifício apresentam proteções solares pelo interior.

No que respeita aos sistemas de climatização, existe um sistema de AVAC, que se encontra fora de funcionamento. Atualmente, o aquecimento de alguns espaços é realizada com recurso a radiadores elétricos de parede.

Relativamente aos sistemas de AQS, a produção de energia térmica é efetuada através de um termoacumulador elétrico com depósito de 300 litros, não sendo verificada qualquer utilização deste sistema.

Os sistemas de iluminação interiores são constituídos maioritariamente por lâmpadas do tipo fluorescentes, fluorescentes tubulares e compactas, já existindo a substituição de algumas luminárias de tecnologia LED.

Nas secções seguintes analisam-se em detalhe os sistemas energéticos, resumidamente descritos nos parágrafos anteriores.

2.2 CARACTERIZAÇÃO DA ENVOLVENTE DO EDIFÍCIO

A envolvente do edifício interage com as condições climatéricas exteriores, podendo condicionar os níveis de conforto e o desempenho energético do edifício. Assim, no âmbito da auditoria energética, é importante identificar os elementos e as características térmicas da envolvente opaca e envidraçada exterior, bem como identificar a classe de inércia térmica do edifício.

Relativamente aos pormenores construtivos não foi possível obter peças escritas e/ou desenhadas com esses elementos.

¹ Valor médio ponderado do pé-direito.

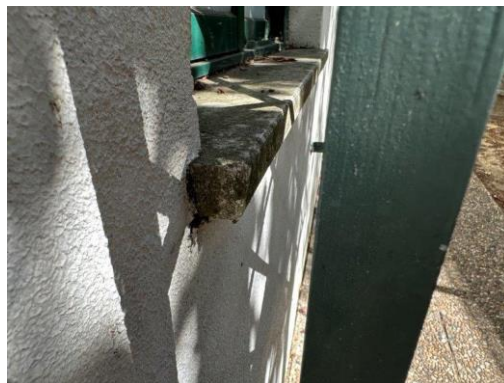


Figura 2 – Envolvente Exterior

2.2.1 Envolvente Opaca

Na tabela seguinte apresenta-se a caracterização da envolvente opaca vertical e horizontal em contacto com exterior e/ou com requisitos térmicos, tal como os valores de referência previstos na Portaria n.º 138-I/2021, de 1 de julho, tendo em consideração a zona climática em que o edifício se localiza.

Tabela 4 - Caracterização da envolvente opaca vertical e horizontal.

Designação	Descrição	U	U _{ref}	Área Total
		(W/m ² .°C)	(W/m ² .°C)	(m ²)
PE1	Parede Exterior com cerca de 0,200 m de espessura, revestida exteriormente com reboco e pintura de cor clara. À falta de informação concreta acerca da constituição da parede exterior, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro II.3 (Parede Rebocada (posterior a 1960) - Paredes Simples ou Duplas), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	1.70	0.70	20
PE2	Parede Exterior com cerca de 0,300 m de espessura, revestida exteriormente com reboco e pintura de cor clara. À falta de informação concreta acerca da constituição da parede exterior, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro II.3 (Parede Rebocada (posterior a 1960) - Paredes Simples ou Duplas), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	1.10		118
PE3	Parede Exterior com cerca de 0,400 m de espessura, revestida exteriormente com reboco e pintura de cor clara. À falta de informação concreta acerca da constituição da parede exterior, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro II.3 (Parede Rebocada (posterior a 1960) - Paredes Simples ou Duplas), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	0.96		121
PI1	Parede Interior com cerca de 0,200 m de espessura. À falta de informação concreta acerca da constituição da parede interior, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro II.3 (Parede Rebocada (posterior a 1960) - Paredes Simples ou Duplas), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	1.47		8
PI2	Parede Interior com cerca de 0,600 m de espessura. À falta de informação concreta acerca da constituição da parede interior, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro II.3 (Parede Rebocada (posterior a 1960) - Paredes Simples ou Duplas), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	0.88		20
PAVSOL01	Pavimento em contacto com o solo existente, sem informação relativa à sua constituição. À falta de informação concreta acerca da constituição do pavimento em contacto com o solo, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro III (Pavimentos e Coberturas - Pavimento Pesado), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	0.50	0,50	275
COBE1	Cobertura Exterior Inclinada sem informação relativa à sua constituição. À falta de informação concreta acerca da constituição da cobertura exterior, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro III (Pavimentos e Coberturas - Cobertura Pesada Inclinada), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	3.40		35

Designação	Descrição	U	U _{ref}	Área Total
		(W/m ² .°C)	(W/m ² .°C)	(m ²)
COBE2	Cobertura Exterior Horizontal sem informação relativa à sua constituição. À falta de informação concreta acerca da constituição da cobertura exterior, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro III (Pavimentos e Coberturas - Cobertura Pesada Horizontal), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	2.60		34
COBI1	Cobertura Interior sem informação relativa à sua constituição. À falta de informação concreta acerca da constituição da cobertura interior, optou-se por adotar o valor do coeficiente de transmissão térmica retirado a partir do Quadro III (Pavimentos e Coberturas - Cobertura Pesada Horizontal), do Anexo II do ITE54 - "Valores por defeito dos coeficientes de transmissão térmica superficiais".	2.25		207

U	Coeficiente de transmissão térmica da solução
U _{ref}	Coeficiente de transmissão térmica de referência, conforme Portaria n.º 138-I/2021

2.2.2 Vãos Envidraçados

Na tabela seguinte apresenta-se a caracterização da envolvente envidraçada, tal como os valores de referência previstos na Portaria n.º 138-I/2021, tendo em consideração a zona climática em que o edifício se localiza.

Tabela 5 - Caracterização da envolvente envidraçada.

ID Vão	Descrição	U _{wdn}	U _{ref}	Fator Solar (g _{vi})	Fator Solar Referência (g _{vi ref})	Área Total
		W/m ² .°C	W/m ² .°C			(m ²)
VE1	<p>Vão envidraçado vertical exterior constituído, do exterior para o interior por: caixilharia simples, com a seguinte composição:</p> <p>Caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistemas de abertura "giratória", sem quadrícula. Vidro Simples (incolor 4 mm), sem classificação de permeabilidade ao ar.</p> <p>Sem proteção solar.</p> <p>O coeficiente de transmissão térmica é de U_w=6.2 W/(m².°C) e o fator solar do envidraçado é de g_{vi}=0.88.</p> <p>O valor do coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado foi obtido através do Quadro III.2 do ITE 50. O fator solar da área transparente foi</p>	6.2	4,30	0.88	0.15	8

ID Vão	Descrição	U _{wdn}	U _{ref}	Fator Solar	Fator Solar Referência	Área Total
		W/m ² .°C	W/m ² .°C	(g _{vi})	(g _{vi ref})	(m ²)
	obtido através da Tabela 51 do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).					
VE2	<p>Vão envidraçado vertical exterior constituído, do exterior para o interior por: caixilharia simples, com a seguinte composição:</p> <p>Caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistemas de abertura “giratória”, sem quadrícula. Vidro Simples (incolor 4 mm), sem classificação de permeabilidade ao ar.</p> <p>Proteção solar interior do tipo cortina ligeiramente transparente de cor clara. Características obtidas através do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).</p> <p>O coeficiente de transmissão térmica é de U_w=6.2 W/(m².°C) e o fator solar do envidraçado é de g_{vi}=0.88.</p> <p>O valor do coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado foi obtido através do Quadro III.2 do ITE 50. O fator solar da área transparente foi obtido através da Tabela 51 do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).</p>	5.2		0.88		4
VE3	<p>Vão envidraçado vertical exterior constituído, do exterior para o interior por: caixilharia simples, com a seguinte composição:</p> <p>Caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistemas de abertura “fixa”, sem quadrícula. Vidro Simples (incolor 4 mm), sem classificação de permeabilidade ao ar.</p> <p>Proteção solar interior do tipo cortina opaca de cor escura. Características obtidas através do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).</p> <p>O coeficiente de transmissão térmica é de U_w=6.0 W/(m².°C) e o fator solar do envidraçado é de g_{vi}=0.88.</p> <p>O valor do coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado foi obtido através do Quadro III.2 do ITE 50. O fator solar da área transparente foi obtido através da Tabela 51 do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).</p>	5.0		0.88		5

ID Vão	Descrição	U_{wdn}	U_{ref}	Fator Solar (g_{vi})	Fator Solar Referência ($g_{\text{vi ref}}$)	Área Total
		W/m ² .°C	W/m ² .°C			(m ²)
VE4	<p>Vão envidraçado vertical exterior constituído, do exterior para o interior por: caixilharia simples, com a seguinte composição:</p> <p>Caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistemas de abertura “correr”, sem quadrícula. Vidro Simples (incolor 4 mm), sem classificação de permeabilidade ao ar.</p> <p>Proteção solar interior do tipo cortina opaca de cor escura. Características obtidas através do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).</p> <p>O coeficiente de transmissão térmica é de $U_w=6.5$ W/(m².°C) e o fator solar do envidraçado é de $g_{\text{vi}}=0.88$.</p> <p>O valor do coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado foi obtido através do Quadro III.2 do ITE 50. O fator solar da área transparente foi obtido através da Tabela 51 do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).</p>	5.4		0.88		4
VE5	<p>Vão envidraçado vertical exterior constituído, do exterior para o interior por: caixilharia simples, com a seguinte composição:</p> <p>Caixilharia em alumínio sem corte térmico, sistemas de abertura “giratória”, sem quadrícula. Vidro Simples (incolor 4 mm), sem classificação de permeabilidade ao ar.</p> <p>Proteção solar interior do tipo cortina opaca de cor escura. Características obtidas através do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).</p> <p>O coeficiente de transmissão térmica é de $U_w=6.2$ W/(m².°C) e o fator solar do envidraçado é de $g_{\text{vi}}=0.88$.</p> <p>O valor do coeficiente de transmissão térmica do vão envidraçado foi obtido através do Quadro III.2 do ITE 50. O fator solar da área transparente foi obtido através da Tabela 51 do Despacho nº6476-H/2021 (Manual SCE).</p>	5.2		0.88		4

U	Coeficiente de transmissão térmica da solução
U_{ref}	Coeficiente de transmissão térmica de referência, conforme Portaria n.º 138-I/2021
g_{vi}	Fator solar da solução ativada a 100%
$g_{\text{vi ref}}$	Fator solar de referência

2.2.3 Pontes Térmicas

A ponte térmica plana é uma heterogeneidade inserida em zona corrente da envolvente exterior ou interior em contacto com espaços não úteis, tais como pilares, vigas e caixas de estore, por onde se considera uma perda térmica unidimensional por unidade de área de superfície.

No que diz respeito às pontes térmicas planas, considerou-se, nos casos aplicáveis, o agravamento de 35% do coeficiente de transmissão térmica dos elementos da envolvente, de acordo com o critério de simplificação constante do Despacho n.º 6476-H/2021, anteriormente referido.

Uma ponte térmica linear corresponde à ligação de dois elementos construtivos exteriores e é uma singularidade da envolvente em que o fluxo térmico deixa de ser unidimensional, invalidando o modelo tradicional de condução de calor.

As transferências de calor nestas singularidades da envolvente assemelham-se a uma perda térmica por unidade de comprimento. As pontes térmicas lineares foram tidas em consideração pelo acréscimo de 5% nas necessidades de energia de aquecimento do edifício (Despacho n.º 6476-H/2021), simplificando assim o procedimento relativamente à sua contabilização detalhada.

2.2.4 Inércia Térmica

A inércia térmica de um espaço traduz a sua capacidade para armazenar calor, mantendo as condições interiores aproximadamente estáveis, em função das variações de temperatura exterior. A inércia térmica de um elemento é caracterizada pela velocidade a que um elemento absorve energia e pela quantidade de energia que consegue armazenar. A inércia é determinante para a medir a capacidade dos elementos em absorver e atenuar os picos de temperatura, influenciando, assim, o comportamento térmico dos espaços. A influência da inércia térmica da envolvente é considerada pelo método de simulação dinâmica detalhada, pois o programa recebe informação da massa superficial útil e do seu volume, a qual é considerada nos seus cálculos.

No âmbito do SCE, o edifício apresenta uma classe de inércia térmica Forte, de acordo com a análise simplificada no Despacho n.º 6476-H/2021.

2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS INFRAESTRUTURAS ENERGÉTICAS

No âmbito da auditoria energética realizaram-se as análises subsequentes, tendo em vista a determinação dos consumos de energia por utilização final e sistemas energéticos, no âmbito

do SCE. A caracterização e análise dos sistemas técnicos instalados no edifício foram efetuadas tendo por base os levantamentos e observações efetuadas no local.

2.3.1 Climatização e Ventilação (AVAC)

No edifício existe um sistema de AVAC que se encontra fora de funcionamento. Atualmente, alguns espaços do edifício são aquecidos com recurso a radiadores elétricos de parede.

Nas figuras e tabela seguinte apresentam-se os dados e características técnicas dos sistemas de climatização instalados no edifício.



Figura 3 – Produção de Energia Térmica para aquecimento e arrefecimento ambiente.

2.3.2 Águas Quentes Sanitárias (AQS)

A produção de energia térmica para AQS é realizada com recurso a um termoacumulador elétrico com depósito de 300 litros, não sendo verificada qualquer utilização deste sistema.



Figura 4 – Sistemas para produção de AQS

Na tabela seguinte apresentam-se as principais características técnicas do termoacumulador elétrico.

Tabela 6 – Características técnicas do termoacumulador elétrico.

Marca	Gama	Qtd.	Capacidade [l]	Potência [kW]	Eficiência
TECTOTAL	EURO 92	1	300	6	n.i.

2.3.3 Sistemas de Iluminação

Os sistemas de iluminação interior são assentes principalmente em luminárias do tipo fluorescente, apresentando algumas lâmpadas com tecnologia LED.

Nas figuras abaixo são demonstrados os diferentes tipos de luminárias presentes no edifício.

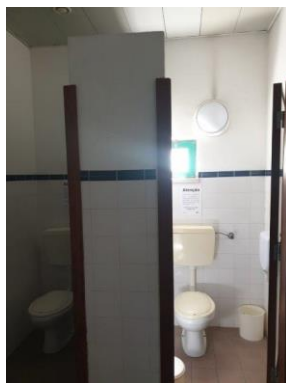
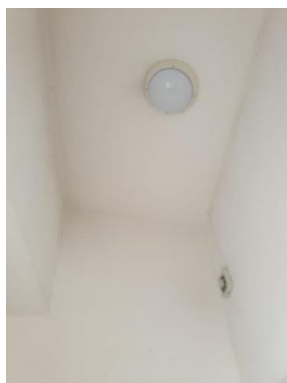


Figura 5 – Sistemas de iluminação interior.

Relativamente aos sistemas de comando e controlo destes sistemas, o comando é efetuado manualmente, por interruptor e/ou no próprio disjuntor do quadro elétrico, existindo duas instalações sanitárias dotadas de sensor de movimento.

Na tabela seguinte apresenta-se um quadro resumo dos sistemas de iluminação instalados e respetiva desagregação por tipo de tecnologia e potência do sistema.

Tabela 7 – Tipos de tecnologias e potências instaladas, em Iluminação.

Tipo de Tecnologia	Potência Lâmpada	Quantidade	Potência Instalada
	[W]	Lâmpadas	[W]
Fluorescentes	18	28	504
Fluorescente Tubular	14	18	252
Fluorescente Tubular	36	13	468
Fluorescente Tubular	58	12	696
Fluorescente Compacta	15	15	225
LED	36	20	720
Total	-	101	2 865

2.3.4 Elevadores

O edifício não dispõe de instalações de elevação.

2.3.5 Equipamentos e Outros

Além dos sistemas energéticos anteriormente descritos, existem outros equipamentos instalados, que consistem principalmente em equipamentos afetos às atividades realizadas no edifício, como é o caso de luzes de palco, sistema de som e equipamentos de apoio à sala de espetáculos.

3 CONSUMOS ENERGÉTICOS

O edifício apresenta consumos energéticos assente em energia elétrica. Na tabela seguinte apresenta-se o consumo global energético real da instalação, registado nas faturas energéticas, tendo em consideração as condições reais de funcionamento de fevereiro de 2022 a janeiro de 2023.

Tabela 8 – Consumos e custos energéticos.

	Consumo Energia [kWh/ano]	Custo Energético [€/ano]
Energia Elétrica	4 023	2 342
Total	4 023	2 342

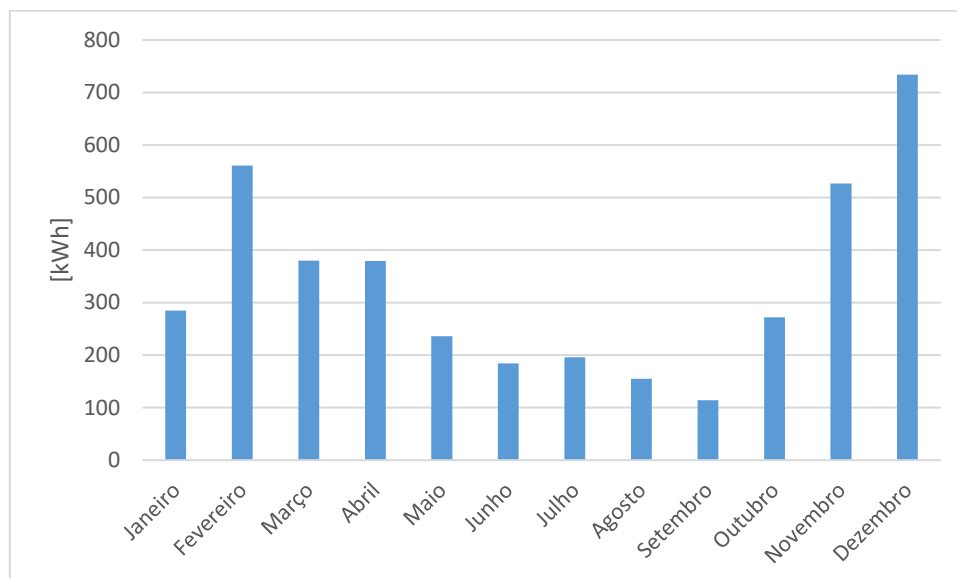


Figura 6 – Evolução do consumo de energia elétrica – 2022 e 2023

Verifica-se através do gráfico apresentado que o consumo de energia elétrica ao longo do ano é mais elevado nos meses de fevereiro, novembro e dezembro e mais reduzidos nos meses de verão. Salienta-se ainda que durante o mês de dezembro existe o maior consumo de energia elétrica do edifício.

Com base nos dados apresentados, determinou-se um consumo energético real de aproximadamente 4 023 kWh/ano e um custo com a energia de 2 342 €/ano, representando um custo específico de 0,58 €/kWh.

4 AVALIAÇÃO ENERGÉTICA

A auditoria energética realizada ao edifício em estudo teve em consideração a metodologia definida no Decreto-Lei n.º 101-D/2020.

A classificação energética de um edifício de comércio e serviços resulta, de acordo com a metodologia utilizada, da comparação dos consumos previstos para o edifício, considerando as suas condições reais de funcionamento, e os consumos para o mesmo edifício, mas utilizando soluções de referência estabelecidas. As soluções de referência incidem essencialmente sobre as características térmicas da envolvente do edifício, da eficiência e utilização dos sistemas técnicos, caudais de ar novo e iluminância. Segundo o Decreto-Lei n.º 101-D/2020, o desempenho energético de um edifício de comércio e serviços é aferido pela determinação do seu Indicador de Eficiência Energética (IEE), que consiste no somatório dos diferentes consumos anuais de energia, agrupados em indicadores parciais e convertidos para energia primária por unidade de área interior útil de pavimento ($\text{kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2.\text{ano}$).

$$IEE = IEE_S + IEE_T - IEE_{ren} \quad [\text{kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2.\text{ano}]$$

IEE_S – representa os consumos de energia que são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício, considerando os consumos anuais de energia por fontes de energia.

IEE_T – representa os consumos de energia que não são considerados para efeitos de cálculo da classificação energética do edifício, considerando os consumos anuais de energia por fontes de energia.

Tabela 9 - Consumos de energia a considerar no IEE_S e no IEE_T

Consumos IEE _S	Consumos IEE _T
Aquecimento e arrefecimento ambiente para conforto humano, incluindo humidificação e desumidificação	Aquecimento e arrefecimento não destinados para conforto humano
Ventilação que serve espaços interiores úteis, exceto hotes	Ventilação que serve espaços interiores não úteis e hotes
Bombagem associada à preparação de Águas Quentes Sanitárias e Águas Quentes de Piscinas e a sistemas de climatização para conforto humano em espaços interiores úteis	Bombagem em sistemas de climatização não destinados para conforto humano em espaços interiores não úteis
Preparação de Água Quente	Equipamentos de frio, incluindo câmaras de refrigeração
Iluminação fixa dos espaços interiores úteis e não úteis	Iluminação dedicada, de emergência e exterior
	Instalações de elevação e outros equipamentos e sistemas não incluídos nos consumos do tipo S

IEE_{pr,REN} – Indicador de Eficiência Energética renovável associado à produção de energia elétrica e térmica a partir de fontes de energias renováveis, sendo que apenas deverá ser contabilizada a energia elétrica destinada a autoconsumo, e a energia térmica efetivamente utilizada ou passível de ser utilizada no edifício. Contabiliza ainda a energia proveniente da aerotermia.

Para os grandes edifícios existentes de comércio e serviços (GES), a classe energética é determinada através do rácio de Classe Energética (R_{IEE}):

$$R_{IEE} = \frac{IEE_{pr,S} - IEE_{pr,REN}}{IEE_{ref,S}}$$

Em que:

IEE_{ref,S} – Indicador de Eficiência Energética de referência associado aos consumos anuais de energia do tipo S, definidos anteriormente, caso o edifício fosse dotado de soluções de referência para alguns dos elementos da envolvente e para alguns dos seus sistemas técnicos, mantendo inalteradas as demais características do edifício.

IEE_{pr,S} – Indicador de Eficiência Energética previsto associado aos consumos anuais de energia do tipo S, com base na localização do edifício, nas características da envolvente, na eficiência dos sistemas técnicos e nos perfis de utilização previstos para o edifício.

Os valores resultantes do rácio anterior correspondem aos seguintes intervalos de classes energéticas:

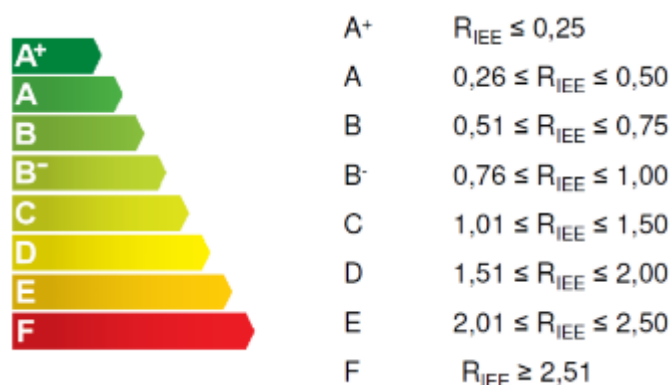


Figura 4 - Intervalo de classes energéticas.

O regulamento do SCE prevê o recurso a modelos de simulação dinâmica multizona para apoio a avaliações energéticas aos edifícios de comércio e serviços, com o objetivo de quantificar os consumos anuais de energia necessários à manutenção das condições de conforto interiores estipuladas pelo utilizador. O principal objetivo da simulação é estabelecer um modelo matemático representativo do funcionamento real do edifício e auxiliar a desagregação dos consumos de energia pelas várias utilizações finais, conduzindo ao cálculo do Indicador de Eficiência Energética Previsto (IEE_{pr}). Posteriormente, este modelo é utilizado para calcular o Indicador de Eficiência Energética de Referência (IEE_{ref}), que por sua vez é utilizado na atribuição

da Classificação Energética do edifício, no âmbito do Sistema de Certificação Energética dos Edifícios (SCE), como se descreveu anteriormente.

O modelo de simulação dinâmica do edifício deverá ter em consideração as características da envolvente e dos sistemas de climatização e as condições climáticas do local, bem como as características dos outros sistemas energéticos instalados. Finalmente, o modelo também deverá permitir uma avaliação do impacto da implementação de medidas de melhoria do desempenho energético, sejam na envolvente, nos sistemas de climatização, noutros sistemas energéticos ou ainda nos padrões de utilização ou controlo.

Assim, para proceder à simulação dinâmica do edifício, foi necessário dispor de um levantamento detalhado das características geométricas e construtivas do edifício, da sua organização espacial interna, dos sistemas de ventilação e climatização existentes, desde a produção e distribuição até às unidades terminais, e também dos sistemas que dão origem às cargas térmicas do edifício, como iluminação e outros equipamentos. Os dados recolhidos durante o trabalho de campo foram assim decisivos para o desenvolvimento do modelo computacional do edifício e, sempre que necessário, as considerações adotadas tiveram por base os elementos recolhidos durante a auditoria.

As densidades e os perfis de utilização reais do edifício, que definem como varia a ocupação, iluminação, AVAC e equipamento diverso ao longo de um dia, ou de um período de tempo, foram os obtidos durante a auditoria, nomeadamente através da monitorização dos quadros elétricos do edifício e/ou dos levantamentos realizados durante aquele período. Adicionalmente, todos os elementos que serviram de suporte à preparação do modelo de simulação dinâmica do edifício foram já apresentados nos capítulos anteriores, resultantes da caracterização e consequente da avaliação energética.

A simulação dinâmica detalhada e a sua correspondente análise multizona do desempenho energético da fração em estudo foram efetuadas pelo programa de cálculo *HAP 5.11*, da *Carrier*, acreditado pela norma ASHRAE 140-2004..

Os dados climáticos utilizados na simulação dinâmica e na determinação do IEE_{pr} e IEE_{ref} correspondem aos dados climáticos de referência da folha de cálculo CLIMAS-SCE, Versão 1.05, LNEG, para Lisboa.

A validação do modelo computacional passou por aferir se o modelo se encontrava calibrado, isto é, se o mesmo é uma reprodução real do desempenho térmico e energético de um edifício. Assim, após a devida calibração do modelo de simulação dinâmica, com recurso às faturas energéticas e aos resultados da auditoria energética, foi possível obter um modelo representativo do consumo de energia do edifício e apurar a estrutura de consumos de energia do edifício, por utilização final, num ano típico de funcionamento - *baseline*.

4.1 CONSUMOS ENERGÉTICOS (MÉTODO PREVISTO – SCE)

Tendo em consideração a metodologia estabelecida no SCE, a partir dos resultados da simulação dinâmica do edifício, obtiveram-se os seguintes consumos energéticos por utilização final:

Tabela 10 – Consumo Energético Anual – Método Previsto

Utilização Final	Consumo de Energia Final [kWh/ano]
	Energia Elétrica
Aquecimento Ambiente	2 459
Arrefecimento Ambiente	2 150
Iluminação Interior	2 176
Equipamentos e Outros	839
Total	7 624

Assim, a análise efetuada ao longo desta seção, onde se procede à análise dos consumos por fonte de energia e por tipo de utilização final, obtidos da simulação dinâmica do edifício, permitirá ponderar e analisar, de forma mais detalhada e racional, medidas para melhorar a eficiência e o desempenho energético do edifício, possibilitando igualmente ter o conhecimento de onde, quando e quanta energia é consumida no edifício.

4.2 CLASSIFICAÇÃO ENERGÉTICA

De acordo com a metodologia estabelecida, procedeu-se à simulação nas condições do método previsto e de referência, para a determinação do IEE_{pr} , IEE_{ref} e $IEE_{pr,ren}$. Assim, na tabela seguinte apresentam-se os principais indicadores energéticos obtidos.

Tabela 11 - Resumo dos resultados e valor do R_{IEE} .

IEE's do Edifício [kWh _{ep} /(m ² .ano)]	
IEE_{pr}	59.7
$IEE_{pr,S}$	53.1
$IEE_{pr,T}$	6.6
$IEE_{pr,REN}$	0.0

IEE _{ref}	42.5
IEE _{ref,S}	36.0
IEE _{ref,T}	6.6
RIEE	
1.48	

Conclui-se assim que, de acordo com o RECS e com o SCE – Sistema Nacional de Certificação Energética, o edifício apresenta uma Classificação Energética de **C**, numa escala que varia do edifício mais eficiente A+, ao edifício com maiores consumos energéticos F, num total de 8 classes.

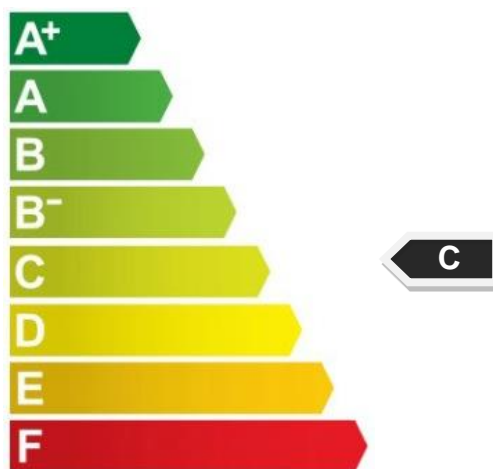


Figura 7 – Classificação Energética do edifício.

Tendo em consideração que a classe do edifício não é inferior a C, o edifício não está sujeito a um Plano de Melhoria do Desempenho Energético dos Edifícios (PDEE).

5 MEDIDAS DE MELHORIA NO ÂMBITO DO SCE

Este capítulo é dedicado à apresentação das medidas que visam a redução do consumo de energia final e primária do edifício, de modo a garantir uma melhoria ao nível dos consumos previstos e da classificação energética, no âmbito do Sistema de Certificação Energética (SCE). Tendo assim em consideração o âmbito dos trabalhos, o impacto destas medidas é avaliado sobre o consumo energético obtido pelo método previsto, de acordo com metodologia do SCE.

Todas as medidas de melhoria do desempenho energético apresentadas foram avaliadas de acordo com os seguintes critérios:

- O investimento inicial na nova solução;
- O impacto no consumo de energia promovido pela medida;
- A redução anual nos custos energéticos, por via da implementação da medida;
- O período de retorno (ou Período de Retorno Simples) do investimento.

Esta metodologia avalia a situação a custos de energia constantes e iguais aos do momento do investimento e não considera quaisquer custos financeiros nem efeitos da inflação.

As medidas foram avaliadas com base em estudo prévio, recorrendo a preços e soluções típicas de mercado, devendo posteriormente, em caso de implementação, existir um projeto de execução, com dimensionamento e seleção das melhores soluções a adotar. Os custos apresentados apenas contemplam o fornecimento dos sistemas/equipamentos e a respetiva montagem/mão-de-obra, em horário normal de funcionamento, não estando considerados eventuais custos associados à operação e/ou manutenção dos equipamentos nem a trabalhos específicos ou não previstos ao nível de construção civil. Os valores apresentados não incluem IVA.

5.1 *MM1 – SUBSTITUIÇÃO DO EQUIPAMENTO ATUAL E/OU INSTALAÇÃO DE BOMBA DE CALOR MAIS EFICIENTE PARA CLIMATIZAÇÃO*

Instalação de sistema de climatização de expansão direta destinados aos espaços ocupados com eficiências SCOP 3.50 e SEER 5.50.

A instalação deve obedecer aos requisitos definidos na Portaria n.º 138-I/2021.

A medida de melhoria descrita requer um investimento de cerca 96 000 €.

Tabela 12 – MM1.

$IEE_{pr,s}$	83.5
$IEE_{pr,REN}$	37.2
$IEE_{ref,s}$	36.0

Custo de Investimento	96 000 €
Redução Energia Elétrica	872 kWh/ano
Economia Anual	506 €/ano
Período de Retorno Simples	>50 anos
Classe Energética	C

5.2 MM2 – COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR NAS PAREDES EXTERIORES

Aplicação nas paredes exteriores de 5 cm de isolamento térmico pelo exterior do tipo reboco térmico com coeficientes de condutibilidade térmica de 0.05 [W/(m. °C)], reduzindo deste modo o valor do coeficiente de transmissão térmica.

A aplicação de reboco térmico irá reduzir o coeficiente de transmissão térmica das paredes exteriores de modo a cumprir o valor de coeficiente de transmissão térmica máximo presente na Portaria nº 138-I/2021.

A medida de melhoria descrita requer um investimento de cerca 25 900 €.

Tabela 13 – MM2.

IEE_{pr,s}	50.3
IEE_{pr,REN}	0.0
IEE_{ref,s}	36.0
Custo de Investimento	25 900 €
Redução Energia Elétrica	368 kWh/ano
Economia Anual	213 €/ano
Período de Retorno Simples	>50 anos
Classe Energética	C

5.3 MM3 – COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR NA COBERTURA INTERIOR

Aplicação na cobertura interior de 12 cm de isolamento térmico pelo exterior do tipo lã de rocha, com coeficientes de condutibilidade térmica de 0.04 [W/(m. °C)], reduzindo deste modo o valor do coeficiente de transmissão térmica.

A aplicação do isolamento térmico na cobertura interior irá reduzir o coeficiente de transmissão térmica da cobertura de modo a cumprir o valor de coeficiente de transmissão térmica máximo presente na Portaria nº 138-I/2021.

A medida de melhoria descrita requer um investimento de cerca 20 700 €.

Tabela 14 – MM3.

IEE _{pr,s}	51.4
IEE _{pr,REN}	0.0
IEE _{ref,s}	36.0
Custo de Investimento	20 700 €
Redução Energia Elétrica	222 kWh/ano
Economia Anual	129 €/ano
Período de Retorno Simples	>50 anos
Classe Energética	C

5.4 MM4 – SUBSTITUIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS EXISTENTES

Substituição da caixilharia existente por uma nova caixilharia em PVC ou alumínio com corte térmico, classe 4 na permeabilidade ao ar, vidro duplo, marcação CE e classe de desempenho energético A, de acordo com o Sistema de Etiquetagem de Produtos /CLASSE+), resultando um coeficiente de transmissão térmica (Uw) de 1.8 W/(m².°C) e fator solar gvi de 0.46.

A substituição das proteções solares existentes não está contabilizada na proposta de medida de melhoria.

A substituição dos vãos envidraçados deverá cumprir o valor de coeficiente de transmissão térmica máximo do caixilho, assim como o fator solar máximo presente na Portaria nº 138-I/2021.

A medida de melhoria descrita requer um investimento de cerca 7 200 €.

Tabela 15 – MM4.

IEE_{pr,s}	49.9
IEE_{pr,REN}	0.0
IEE_{ref,s}	36.0
Custo de Investimento	7 200 €
Redução Energia Elétrica	412 kWh/ano
Economia Anual	239 €/ano
Período de Retorno Simples	30 anos
Classe Energética	C

5.5 MM5 – SUBSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

Substituição de todas as luminárias existentes tradicionais por luminárias de tecnologia LED.

As vantagens da Iluminação LED são notórias, uma vez que é possível obter em LED os mesmos níveis de fluxo luminoso, de uma lâmpada de outro tipo recorrendo a uma potência muito inferior. Esta característica faz com que a tecnologia LED seja, atualmente, a mais eficiente do mercado, em termos de iluminação. Adicionalmente a tecnologia de Iluminação LED dispensa o uso de equipamento auxiliar, como balastros e arrancadores, que também consomem energia no seu funcionamento.

A implementação desta medida requer a verificação da densidade de potência instalada máxima, assim como a iluminância média requerida por espaço através de estudo luminotécnico.

A medida de melhoria descrita requer um investimento de cerca 3 200€.

Tabela 16 – MM5.

IEE_{pr,s}	41.8
IEE_{pr,REN}	0.0
IEE_{ref,s}	36.0

Custo de Investimento	3 200 €
Redução Energia Elétrica	1 448 kWh/ano
Economia Anual	840 €/ano
Período de Retorno Simples	4 anos
Classe Energética	C

6 CONSUMO ENERGÉTICO E IMPACTO DAS MEDIDAS DE MELHORIA

No que concerne ao consumo e custos energéticos, como analisado anteriormente na secção 4, tendo em consideração a metodologia prevista no âmbito do SCE, determinaram-se os seguintes valores de *baseline* (não se consideraram os consumos energéticos afetos à aerotermia, uma vez que se tratam somente para efeitos do SCE, não permitindo obter uma análise real sobre as necessidades energéticas e consumos reais do edifício).

Posteriormente, tendo em consideração a análise e observações realizadas durante todo o trabalho, na secção 5 preconizaram-se medidas de melhoria de modo a aumentar a eficiência energética da instalação e o conforto humano, melhorar o seu desempenho energético e diminuir os custos energéticos e de exploração associados. Na tabela seguinte apresenta-se o resumo dos resultados obtidos.

Atualmente, e segundo o Despacho nº6476-E/2021, o requisito de classe energética para edifícios de comércio e serviços sujeitos a grande renovação é classe energética igual ou superior a C.

Tabela 17 – Resumo das Medidas Melhoria.

Medidas	Redução de Energia Elétrica [kWh/ano]	Economia Energia [€/ano]	Custo Investimento [€]	Período Retorno Simples [anos]
MM1 – SUBSTITUIÇÃO DO EQUIPAMENTO ATUAL E/OU INSTALAÇÃO DE BOMBA DE CALOR MAIS EFICIENTE PARA CLIMATIZAÇÃO	872	506	96 000	>50 anos
MM2 – COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR NAS PAREDES EXTERIORES	368	213	25 900	>50 anos
MM3 – COLOCAÇÃO DE ISOLAMENTO TÉRMICO PELO EXTERIOR NA COBERTURA INTERIOR	222	129	20 700	>50 anos
MM4 – SUBSTITUIÇÃO DOS ENVIDRAÇADOS EXISTENTES	412	239	7 200	30 anos
MM5 – SUBSTITUIÇÃO DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO	1 448	840	3 200	4 anos
Total²	3 326	1 929	153 000	>50 anos

A implementação da generalidade das medidas permitiria uma redução de aproximadamente 3 326 kWh/ano, uma economia anual de 1 929 €/ano e ainda melhorar classificação energética para a classe energética **B**.

² No caso da implementação de todas as medidas e contabilizando os efeitos cruzados entre estas.

Tabela 18 - Resumo do impacto das medidas de melhoria e valor do R_{IEE}.

IEE's do Edifício [kWh _{ep} /(m ² .ano)]	
IEE _{pr}	33.7
IEE _{pr,S}	53.8
IEE _{pr,T}	6.6
IEE _{pr,REN}	26.8
IEE _{ref}	42.5
IEE _{ref,S}	36.0
IEE _{ref,T}	6.6
RIEE	
0.75	

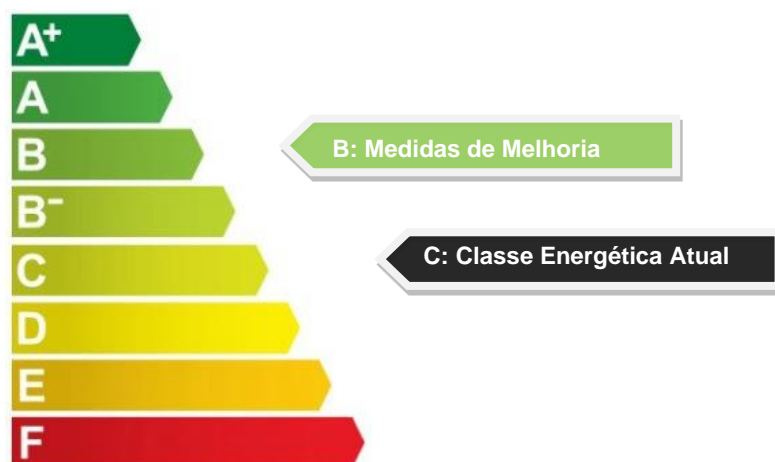


Figura 8 – Classificação Energética do Edifício.