



Contratação de Projetos de Eficiência Energética com Recurso a PPPs

Jorge Miguel Sousa Natividade

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Civil

Orientadores: Professor Doutor Carlos Paulo Novais Oliveira da Silva Cruz

Professora Doutora Maria Cristina de Oliveira Matos Silva

Júri

Presidente: Professor Doutor José Alexandre De Brito Aleixo Bogas

Orientador: Professor Doutor Carlos Paulo Novais Oliveira da Silva Cruz

Vogal: Professor Doutor Manuel Guilherme Caras Altas Duarte Pinheiro

Setembro 2021

Declaração

Declaro que o presente documento é um trabalho original da minha autoria e que cumpre todos os requisitos do Código de Conduta e Boas Práticas da Universidade de Lisboa.

AGRADECIMENTOS

É com a maior das felicidades que pretendo expressar o meu sincero agradecimento a todos os que contribuíram para o meu percurso académico no Instituto Superior Técnico (IST), que termina com a conclusão da dissertação de mestrado.

Quero começar por agradecer ao Professor Carlos Oliveira Cruz, por toda a sua disponibilidade e ajuda ao longo dos meses da realização deste documento, e também pela força, motivação e confiança que me transmitiu nos momentos mais difíceis. Estendo este agradecimento à Professora Cristina Matos Silva, cujo auxílio numa altura complicada da elaboração desta dissertação se revelou bastante importante para a conclusão da mesma.

Aos meus pais Carlos e Ana, ao meu irmão Gonçalo e à minha avó Isabel, por nunca deixarem que me faltasse nada ao longo deste trajeto, e por me darem todo o apoio necessário para concluir este percurso com sucesso. A eles, o meu eterno obrigado.

À minha família “emprestada”, Nélio, Alexandra, Rodrigo e Carlota, por acompanharem de perto praticamente todo este percurso, contribuindo também para que fosse possível chegar até aqui.

Aos meus colegas de faculdade, aqui representados na pessoa do meu grande amigo Francisco Cacho, por toda a amizade e bons momentos passados ao longo destes anos.

Ao Paulo, ao Manel, ao Dantas, ao Francisco, ao Pedro, aos Joãoes e ao Caldeira, por toda amizade e companheirismo que já se prolonga há muitos anos, e que foi muito importante para a conclusão desta etapa.

Por fim, à minha querida Carolina, por todo o carinho e confiança transmitidos ao longo da elaboração deste documento, e pela constante motivação, tornando todo este percurso mais fácil.

A todos vocês, o meu sincero obrigado.

RESUMO

O elevado consumo energético e emissão exagerada de gases de efeito de estufa (GEE) tem vindo a fazer com que o setor da construção de edifícios (públicos e privados) se revele como sendo um dos maiores contribuidores no que diz respeito à poluição da União Europeia (EU). A ineficiência energética dos edifícios já construídos, associada à não aplicação de medidas de eficiência energética nas novas construções, levaram a que a EU adotasse uma postura mais proativa relativamente à eficiência energética de edifícios. Neste documento analisa-se a importância aplicação de Contratos de Desempenho Energético (CDE) com base em Parcerias Público-Privadas (PPPs) para a melhoria de eficiência energética em edifícios.

Foi realizada uma pesquisa sobre os diferentes modelos de contratação de Empresas de Serviços Energéticos (ESEs), desde os modelos tradicionais aos modelos alternativos, com o intuito de expor não só versatilidade dos novos modelos de contratação, como também os principais riscos associados aos mesmos. Além disso, a pesquisa efetuada procurou abranger as necessidades das gerações futuras relativamente ao consumo energético, e alertar para o facto de o comportamento dos utilizadores dos edifícios ser um fator bastante importante a ter em conta aquando do estudo da eficiência energética dos edifícios.

Posto isto, foram estudadas diversas aplicações de contratos de desempenho energético já implementados em alguns países do continente europeu, com o objetivo de identificar quais as características principais que levaram a que estes contratos fossem implementados com sucesso. O estudo anteriormente mencionado, associado à pesquisa realizada para a elaboração do Estado de Arte, tornou possível a análise da aplicação de contratos de desempenho energético a um edifício público que procura reduzir o seu consumo energético anual.

Posteriormente foi realizada uma análise de sensibilidade considerando diferentes cenários, de modo a perceber qual dos três tipos de contrato de desempenho energético seria o mais indicado para aplicar no edifício em questão. Com o objetivo de identificar qual o contrato mais favorável tanto para a empresa quanto para o cliente, procedeu-se a uma avaliação considerando critérios de análise com base em atualização financeira, nomeadamente o Valor Atualizado Líquido (VAL) e a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR).

Por fim, termina-se o documento com as conclusões obtidas, e com propostas de possíveis abordagens para o estudo futuro do tema analisado.

Palavras-chave: Contrato de Desempenho Energético; contrato; Empresa de Serviços Energéticos; First-Out Contract; Poupança Garantida; Poupança Partilhada; PPP

ABSTRACT

The high energy consumption and exaggerated emission of greenhouse gases (GHG) has been causing the construction sector of buildings (public and private) to be one of the largest contributors for pollution in the European Union (EU). The energy inefficiency of buildings already constructed, coupled with the lack of implementation of energy efficiency measures in new buildings has led the EU to adopt a more proactive stance on energy efficiency in buildings. In this paper we analyze the importance of Energy Performance Contracting (EPC) for the improvement of energy efficiency in buildings.

A research was conducted on the different models of contracting Energy Service Companies (ESCOs), from traditional models to alternative models, to expose not only the versatility of the new contracting models, but also the main risks associated with them. Furthermore, the research carried out sought to cover the needs of future generations regarding energy consumption, and to alert to the fact that the behavior of building users is a very important factor to be taken into account when studying the energy efficiency of buildings.

Having this said, several applications of energy performance contracts already implemented in some countries of the European continent were studied, in order to identify the main characteristics that led to their successful implementation. The previously mentioned study, associated with the research carried out for the elaboration of the Literature Review, allowed the analysis of the application of energy performance contracts to a public building that seeks to reduce its annual energy consumption.

Therefore, a sensitivity analysis was performed considering different scenarios, in order to understand which of the three types of energy performance contracts would be the most suitable to apply in the building in question. To identify which contract would be the most favorable for both the company and the client, an evaluation was made considering analysis criteria based on financial discounting, namely NPV and IRR.

Finally, the paper ends with the conclusions obtained and with proposals of possible approaches for the future study of the analyzed theme.

Keywords: Energy Performance Contract; contract; Energy Service Company; First-Out Contract; Guaranteed Savings; Shared Savings; PPP

ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Metodologia	2
1.4	Organização	2
2	ESTADO DE ARTE	4
2.1	Parcerias Público-Privadas	4
2.2	Programas Europeus de Financiamento para a Melhoria da Eficiência Energética em Edifícios	5
2.3	Indicadores-Chave de Desempenho (FP7 vs H2020)	7
2.4	Melhoria da Eficiência Energética em Edifícios	9
2.4.1	Contratos de Desempenho Energético (CDE)	9
2.4.2	Empresas de Serviços Energéticos (ESE)	10
2.5	Modelos de Contratação de Projetos de Melhoria de Eficiência Energética	10
2.5.1	Modelo de Aquisição Tradicional	11
2.5.2	Modelos de Aquisição Alternativos	11
2.6	Implementação de Contratos de Desempenho Energético	20
2.6.1	Preparação e Lançamento do Concurso	20
2.6.2	Principais Riscos e Barreiras dos CDE	23
2.6.3	Desafios Futuros	26
3	APLICAÇÕES DE CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO	30
3.1	Considerações Gerais	30
3.2	Itália – Município de Guidonia Montecelio	30
3.2.1	Situação Energética do Município	31
3.2.2	Iluminação de Rua	31
3.2.3	Edifícios Municipais	32

3.3	Eslovénia – Município de Koper	34
3.3.1	Situação Energética do Município	35
3.3.2	Descrição do Projeto	36
3.3.3	Contrato e Resultados	36
3.3.4	Observações	36
3.4	Espanha - Município de Sant Gualat des Vallès	37
3.4.1	Situação Energética	37
3.4.2	Descrição do Projeto	38
3.4.3	Contrato e Resultados	38
3.5	Portugal	40
4	CASO DE ESTUDO	42
4.1	Enquadramento	42
4.2	Escola Básica 2º e 3º Ciclos do Caniço – Ilha da Madeira	42
4.3	Descrição dos Edifícios em Análise	43
4.3.1	Edifício A	43
4.3.2	Edifício B	44
4.3.3	Consumo de Eletricidade da Infraestrutura	46
4.4	Recolha e tratamento de dados	47
4.5	Auditorias Energéticas e Soluções Propostas - AREAM	47
4.5.1	Análise do Consumo e Faturação de Eletricidade	48
4.5.2	Análise de Viabilidade - Instalação de Unidade Fotovoltaica	49
4.5.3	Solução Proposta	49
4.6	Auditorias Energéticas e Soluções Propostas – RC Automação	50
4.6.1	Consumo de Eletricidade	50
4.6.2	Análise do Consumo e Faturação Energética	51
4.6.3	Análise de Viabilidade - Instalação de Unidade Fotovoltaica	52

4.6.4	Soluções Propostas.....	55
4.7	Auditorias Energéticas e Soluções Propostas – Factor Energia.....	56
4.7.1	Consumo e Faturação de Eletricidade	56
4.7.2	Apresentação de Proposta	56
4.7.3	Comparação das Propostas	57
5	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO	59
5.1	Avaliação de Projetos	59
5.2	Análise de Sensibilidade	60
5.2.1	Definição de Variáveis e Parâmetros de Entrada	61
5.2.2	Contrato de Poupança Garantida.....	62
5.2.3	Contrato de Poupança Partilhada	65
5.2.4	First-Out Contract	69
6	ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS	74
7	CONCLUSÕES	78
7.1	Síntese Conclusiva.....	78
7.2	Desenvolvimentos Futuros	80
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
	ANEXOS	87
	ANEXO 1 – CONSUMO DA INSTALAÇÃO E PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE PAINÉIS FOTOVOLTÁICOS (RC AUTOMAÇÃO)	87
	ANEXO 2 – ANÁLISES DE SENSIBILIDADE (CONTRATO DE POUPANÇA GARANTIDA).....	89
	ANEXO 3 – ANÁLISES DE SENSIBILIDADE (CONTRATO DE POUPANÇA PARTILHADA).....	94

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Modelos de Contratação Tradicionais vs Modelos de Contratação Alternativos	12
Figura 2 - Relação entre Cliente, ESE e Instituição de Financeira	14
Figura 3 - Relação entre Cliente, ESE e Instituição Financeira	15
Figura 4 - Comparação do Custo do Ciclo de Vida dos Modelos de Contratação Tradicionais e Alternativos	18
Figura 5 - Redução de custos associada aos Modelos de Contratação Alternativos.....	19
Figura 6 - Procedimento dos Concursos Públicos para CDE	22
Figura 7 - Exemplo de critérios para adjudicação de CDE	22
Figura 8 - Relações entre Grupos de Risco.....	26
Figura 9 - Procura de energia para aquecimento e arrefecimento.....	28
Figura 10 - Desempenho energético dos edifícios consoante o comportamento dos utilizadores...	29
Figura 11 - Localização do município de Guidonia Montecelio	30
Figura 12 - Localização do município de Koper.....	35
Figura 13 - Localização do município Sant Gulat des Vallès	37
Figura 14 - Edifícios da Escola Básica 2º e 3º Ciclos do Caniço	42
Figura 15 - Edifício A da Escola do Caniço.....	43
Figura 16 - Edifício B da Escola do Caniço.....	45
Figura 17 - Peso dos custos associados ao consumo de eletricidade da Escola do Caniço	49
Figura 18 - Consumo total de energia elétrica vs Produção estimada pelo sistema fotovoltaico.....	50
Figura 19 - Consumo energético vs Produção unidade de autoconsumo.....	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Indicadores-Chave de Desempenho.....	8
Tabela 2 - Riscos associados aos Modelos de Contratação Alternativos.....	17
Tabela 3 - Principais características dos Contratos de Desempenho Energético (CDE).....	20
Tabela 4 - Requisitos mínimos para qualificação de ESE	21
Tabela 5 - Principais características dos CDE analisados.....	40
Tabela 6 - Espaços localizados no Edifício A	44
Tabela 7 - Espaços localizados no Edifício B	45
Tabela 8 - Equipamento elétricos da Escola do Caniço.....	46
Tabela 9 - Faturação de eletricidade da Escola do Caniço.....	47
Tabela 10 - Análise de consumo energético (AREAM).....	48
Tabela 11 - Resultados obtidos através da solução proposta pela AREAM.....	50
Tabela 12 - Análise "um dia" no Inverno (RC Automação)	51
Tabela 13 - Análise "um dia" no Verão (RC Automação).....	52
Tabela 14 - Poupança estimada com autoconsumo 30kW (Verão).....	53
Tabela 15 - Poupança estimada com autoconsumo 30kW (Inverno).....	53
Tabela 16 - Poupança estimada com autoconsumo 30kW (Verão).....	54
Tabela 17 - Poupança estimada com autoconsumo 45kW (Inverno).....	54
Tabela 18 - Resultados da auditoria energética (Factor Energia).....	56
Tabela 19 - Solução de autoconsumo apresentada pela Factor Energia	57
Tabela 20 - Comparação das soluções apresentadas pelas ESE	58
Tabela 21 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%.....	63
Tabela 22 - VAL e TIR (Poupança Garantida) – Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%.....	63
Tabela 23 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%.....	63
Tabela 24 - VAL e TIR (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%	64

Tabela 25 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%.....	64
Tabela 26 - VAL e TIR (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%	64
Tabela 27 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%.....	66
Tabela 28 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%.....	66
Tabela 29 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%.....	66
Tabela 30 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%.....	67
Tabela 31 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%.....	67
Tabela 32 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%.....	67
Tabela 33 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%.....	68
Tabela 34 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%.....	68
Tabela 35 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%.....	68
Tabela 36 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%.....	69
Tabela 37 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%.....	69
Tabela 38 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%.....	69
Tabela 39 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 15%.....	70
Tabela 40 - VAL e TIR para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 15%	70
Tabela 41 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 20%.....	70
Tabela 42 - VAL e TIR para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 20%	71

Tabela 43 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 25%.....	71
Tabela 44 - VAL e TIR para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 25%	71
Tabela 45 - Análise de Sensibilidade para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 15%.....	72
Tabela 46 - VAL e TIR para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 15%	72
Tabela 47 - Análise de Sensibilidade para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 20%.....	72
Tabela 48 -VAL e TIR para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 20%	72
Tabela 49 - Análise de Sensibilidade para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 25%.....	73
Tabela 50 - VAL e TIR para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 25%	73
Tabela 51 - VALs e TIRs para Poupança Garantida e Poupança Partilhada.....	76
Tabela 52 - VALs para First Out Contracts	77
Tabela 53 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 25%.....	95

ABREVIações E SIGLAS

Instituições

EC	<i>Comissão Europeia</i>
EEM	<i>Empresa de Eletricidade da Madeira</i>
EPEC	<i>Centro Europeu especializado em Parcerias Público-Privadas</i>
EU	<i>União Europeia</i>

Unidades Monetárias

€	<i>Euro</i>
---	-------------

Outras

BIM	<i>Building Information Model</i>
BOO	<i>Construção, Propriedade e Operação</i>
BOOT	<i>Construção, Propriedade, Operação e Transferência</i>
CCP	<i>Código dos Contratos Públicos</i>
CDE	<i>Contratos de Desempenho Energético</i>
CO ₂	<i>Dióxido de Carbono</i>
DBM	<i>Concepção, Construção e Manutenção</i>
DBO	<i>Concepção, Construção e Operação</i>
DFBO	<i>Construção, Financiamento e Operação</i>
EE	<i>Eficiência Energética</i>
EeB	<i>Energy-Efficient Buildings</i>
ESE	<i>Empresa de Serviços Energéticos</i>
FP7	<i>Framework Programme 7</i>
GEE	<i>Gases Efeito de Estufa</i>
H2020	<i>Horizon 2020</i>
ICD	<i>Indicadores Chave de Desempenho</i>
ICT	<i>Tecnologia de Informação e Comunicação</i>
PME	<i>Pequenas e Médias Empresas</i>

PPP	<i>Parceria Público-Privada</i>
VfM	<i>Value for Money</i>
VOC	<i>Compostos Orgânicos Voláteis</i>

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

Atualmente, os edifícios consomem cerca de 40% do total do consumo energético da União Europeia (EU), e geram aproximadamente 36% dos gases de efeito de estufa (GEE) da Europa, valores que fazem com que o setor da construção seja um dos mais poluentes deste continente. Cerca de 75% dos edifícios são ineficientes em termos energéticos e, dependendo do Estado Membro, apenas entre 0,4% a 1,2% do stock de edifícios é renovado todos os anos (Boza-Kiss et al., 2017).

De modo a melhorar o desempenho energético dos edifícios, e consequentemente diminuir tantos os consumos energéticos quanto as emissões de gases poluentes para a atmosfera, os Contratos de Desempenho Energético (CDEs) com base em Parcerias Público-Privadas (PPPs) revelam-se como sendo uma boa ferramenta para o efeito, pois permitem o aumento de ritmo da renovação energética do edificado já existente, e também a implementação de medidas energeticamente eficientes nos edifícios ainda por construir (Lugaric et al., 2019).

A existência de diversos tipos de CDE faz com que seja necessária uma boa preparação dos mesmos antes da sua assinatura, de modo a ser possível escolher o tipo de contrato que favoreça não só o cliente, mas também a Empresa de Serviços Energéticos (ESE).

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo do presente documento consiste na análise dos diversos tipos de CDE. Como tal, pretende-se identificar quais os riscos associados à aplicação destes contratos, bem como as suas respetivas valias económicas, de modo a perceber qual deles satisfaz melhor as necessidades de ambas as partes envolvidas.

Através de análises de sensibilidade com diferentes cenários, pretende-se fornecer às entidades públicas (clientes) e privadas (empresas) diretrizes sobre quais os aspetos e riscos mais importantes a ter em conta na execução de um CDE. Para isso, foi realizada a análise de aplicações de CDEs em diversos municípios espalhados pelo continente europeu, sendo esta posteriormente complementada com análises de sensibilidade realizadas para a aplicação de CDEs numa escola básica pública.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da presente dissertação inicia-se com a elaboração do Estado de Arte. Esta fase consistiu na pesquisa de publicações sobre CDE, de modo a perceber quando é que estes surgiram, qual a postura que as entidades governamentais têm perante este assunto, e se os mesmos têm (ou não) vindo a ser utilizados e implementados nos últimos anos. Após perceber os aspetos referidos anteriormente, mudou-se o foco da pesquisa para as características dos diferentes tipos de contratos e quais as suas vantagens e desvantagens, o que permitiu descobrir quais os principais riscos associados aos CDE, tanto para os clientes como para as empresas.

Seguidamente prosseguiu-se para uma análise de aplicações de CDE em diferentes regiões do continente europeu. Esta análise fez com que fosse possível a elaboração de uma tabela comparativa, na qual constam quais as principais mais-valias da aplicação dos CDE, permitindo assim analisar o impacto que os diferentes aspetos associados a estes contratos tiveram em cada uma das suas aplicações, como a sua duração, o valor contratual e redução do consumo energético anual e das respetivas emissões de CO₂.

Por fim, e tendo-se nesta fase uma base de dados mais completa derivada da pesquisa feita anteriormente, procedeu-se a análises de sensibilidade para cada um dos tipos de CDE, de modo a verificar se seria viável a sua aplicação numa escola básica situada na Região Autónoma da Madeira. O documento em questão termina com uma análise comparativa entre os diversos tipos de CDE, com o intuito de perceber qual deles seria o mais indicado a adotar neste caso de estudo.

1.4 ORGANIZAÇÃO

A presente dissertação é constituída por oito capítulos que se encontram seguidamente apresentados:

- Capítulo 1: nesta secção realiza-se o enquadramento do tema, indicam-se quais os principais objetivos a atingir, e elabora-se também a metodologia e respetiva organização do documento;
- Capítulo 2: apresenta-se o Estado de Arte, que serviu de base para o desenvolvimento do trabalho. Neste capítulo são abordados vários conteúdos, relacionados com os Contratos de Desempenho Energéticos (CDE), nomeadamente quais os diferentes tipos de contrato e respetivos riscos e vantagens associados a cada um deles.
- Capítulo 3: neste capítulo, faz-se uma análise aos CDE já aplicados em diferentes localidades do continente europeu, pretendendo-se assim verificar quais os resultados da sua aplicação.
- Capítulo 4: procede-se à exposição do caso de estudo da Escola Básica dos 2º e 3º Ciclos do Caniço, caracterizando-se toda a sua infraestrutura.
- Capítulo 5: nesta secção faz-se a análise de três diferentes auditorias energéticas realizadas na escola por três diferentes ESEs. Com base nestas auditorias, as ESEs

apresentam soluções que consistem na instalação de painéis fotovoltaicos, as quais são analisadas para posteriormente serem consideradas nas análises de sensibilidade.

- Capítulo 6: neste capítulo, executam-se as análises de sensibilidade aos três diferentes tipos de CDE, efetuando alterações nos valores dos parâmetros críticos de entrada, com o intuito de perceber as suas consequências.
- Capítulo 7: é apresentada a análise comparativa dos resultados obtidos no capítulo anterior, que resulta na elaboração de uma tabela constituída pelos valores que mostram se a aplicação dos diferentes tipos de contrato é ou não financeira e economicamente viável.
- Capítulo 8: finalmente, apresenta-se uma síntese conclusiva da informação obtida através da presente dissertação, bem como algumas recomendações para estudos futuros relacionados com este tema.

2 ESTADO DE ARTE

2.1 PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS

É competência do Estado fornecer aos cidadãos não só um conjunto de serviços públicos (como educação, saúde, assistência social, etc.), mas também a construção de infraestruturas básicas (estradas, pontes, caminhos-de-ferro, etc.). O fornecimento deste conjunto de serviços e infraestruturas surge por um motivo específico denominado “falhas de mercados”. Estas falhas resultam, muitas vezes, de projetos que por diversos motivos não são rentáveis do ponto de vista financeiro, mas aos quais estão associadas externalidades positivas (benefícios de ordem social, entre outros) que justificam a execução dos mesmos (Sarmiento e Renneboog, 2016).

Da necessidade de avançar com projetos que, não sendo financeiramente viáveis, são (entre outras fatores) benéficos a nível social, surgem as Parcerias Público-Privadas (PPPs). Segundo Cruz e Marques (2013), apesar de não existir uma única definição sucinta e clara sobre o que é uma PPP, é possível afirmar que são um modelo de aprovisionamento para o fornecimento de infraestruturas e/ou serviços.

As PPPs podem ser classificadas de diferentes formas. No direito comunitário são distinguidas como do tipo puramente contratual, assentando em relações exclusivamente contratuais entre o setor público e privado, e como do tipo institucionalizado, assentando numa cooperação entre os dois setores. A classificação das PPPs pode também ser feita com base nas fases de projeto, que englobam, entre outros modelos, o DBO (concepção, construção e operação), o BOO (construção, propriedade e operação), o BOOT (construção, propriedade, operação e transferência), o DBM (concepção, construção e manutenção) e o DFBO (concepção, construção, financiamento e operação, sendo a propriedade pública ou privada no período de delegação) (Marques e Silva, 2008; Cruz e Marques., 2013).

A adoção deste modelo exige uma preparação bastante cuidada no que diz respeito à elaboração dos concursos, onde devem estar rigorosa, exaustiva e sucintamente definidas as necessidades e exigências de desempenho da infraestrutura ou do serviço objeto de parcerias (Marques e Silva, 2008).

As aquisições de PPPs tornaram-se uma solução para ultrapassar as restrições orçamentais públicas, permitindo ao mesmo tempo a utilização dos conhecimentos e *know-how* do setor privado para a prestação e gestão de serviços públicos. Embora o principal motor para o desenvolvimento de contratos de PPP deva ser uma maior eficácia na utilização do dinheiro público, acontece que a maioria dos projetos de PPPs são desenvolvidos como um desvio às restrições orçamentais públicas. A médio e longo prazo, este facto tem levantado alguns problemas, especialmente através de renegociações, que originaram um aumento da carga financeira relativamente a este modelo de aquisições (Cruz e Marques, 2013).

A opção por uma PPP precede de uma avaliação, de modo a verificar se esta se traduz numa mais-valia real (faculta *value for money* ao projeto), em comparação às opções de contratação pública alternativas (Marques e Silva, 2008).

2.2 PROGRAMAS EUROPEUS DE FINANCIAMENTO PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS

Ao longo dos anos, a EU criou diversos programas de financiamento para apoiar e promover a investigação em diversas áreas, entre as quais a área da construção. Em 2007 surgiu o Framework Programme 7 (FP7) que contou com um financiamento de cerca de 55 biliões de euros, e terminou em 2013. Em 2014 seguiu-se o Horizon2020 (H2020), que é o maior projeto de pesquisa e inovação de sempre criado pela EU, com um financiamento de cerca de 80 biliões de euros, durante um intervalo de 7 anos (2014 até 2020) (ECTP, 2018; ECTO, 2019).

Pelo facto de os edifícios consumirem cerca de 40% do total do consumo energético da União Europeia (EU) e gerarem aproximadamente 36% dos gases de efeito de estufa (GEE) do continente europeu, o sector da construção acaba por se revelar crucial para o ambiente e para as políticas energéticas da EU.

Devido à necessidade de baixar os indicadores anteriormente referidos, surgiu em 2008 um projeto denominado *Energy-efficient Buildings (EeB) cPPP*, que consiste numa parceria entre a Comissão Europeia (EC) e o setor privado, representado pelos privados do *EeB cPPP Partnership Board* e suportado pelo *Energy Efficient Buildings (E2B) Committee of the European Construction, built environment and energy efficient building Technology Platform (ECTP)* (ECTP, 2018).

Segundo o *Progress Monitoring Report* (ECTP, 2018), esta parceria consiste em:

- Criar e implementar novas inovações e soluções tecnológicas capazes de reduzir o consumo energético e as emissões de GEE, de modo a cumprir, até 2020, os objetivos pretendidos pela EC;
- Tornar o setor da construção num negócio sustentável, aumentando a sua produtividade com mais mão-de-obra especializada;
- Desenvolver novas, inteligentes, e inovadoras abordagens para a criação de edifícios e distritos “verdes”.

Com base nos princípios acima descritos, o EeB cPPP pretende atingir os seguintes objetivos:

- Aumentar o investimento privado em investigação e inovação em 3% no volume de negócios até 2020;
- Criar 10 novos tipos de trabalhos especializados, com formações e partilhas de conhecimentos entre os profissionais;
- Desenvolver soluções tecnológicas apropriadas de modo a reduzir o consumo de energia em 50%, e a produção de CO₂ em 80%, relativamente aos valores verificados em 2010;

- Apresentar um lote de 100 edifícios e zonas de demonstração regularmente monitorizados, com o intuito de reduzir o consumo energético até 75%.

Durante o horizonte em que o FP7 e o H2020 estão inseridos, foram desenvolvidos 174 projetos de EeB cPPP, os quais têm aliciado ao longo do tempo o investimento por parte das entidades privadas, pois promovem a criação de novos perfis de trabalhadores para a indústria da construção, e têm impacto (criação de trabalhos) nas Pequenas e Médias Empresas (PMEs) que beneficiam do financiamento do projeto em questão.

2.2.1 POLOS TECNOLÓGICOS (TECHNOLOGY CLUSTERS)

Abreviadamente, o projeto EeB cPPP tem como base o investimento em investigação e inovação, com o intuito de serem desenvolvidas soluções tecnológicas viáveis para serem aplicadas não só à escala de edifícios individuais, como também ao nível dos bairros.

Posto isto, foram criadas 7 categorias de desenvolvimento tecnológico, que se encontram seguidamente discriminadas e agregadas com um pequeno enquadramento (ECTP, 2019).

PROJETO (DESIGN)

Apesar de esta categoria possuir esta denominação, muitos dos projetos desenvolvidos estão relacionados com materiais de construção. As soluções desenvolvidas e em desenvolvimento vão desde edifícios individuais até bairros, e estão focadas na criação e/ou aplicação de novas soluções tecnológicas que ajudem a atingir um ambiente edificado mais sustentável. Por exemplo, estão inseridos alguns projetos cujo objetivo é garantir uma poupança energética de 20% em edifícios, e outros que aspiram atingir até 50% de redução energética em bairros.

BLOCOS DE CONSTRUÇÃO TECNOLÓGICA (TECHNOLOGY BUILDING BLOCKS)

Este segmento está direcionado para o desenvolvimento e integração de métodos e ferramentas que aumentem a aceitação dos utilizadores para envolventes de edifícios adaptáveis, técnicas que minimizem o uso de Compostos Orgânicos Voláteis (VOC, SVOC), sistemas de energia e calor ao nível dos edifícios individuais e bairros, entre outros.

MATERIAIS AVANÇADOS E NANOTECNOLOGIAS (ADVANCED MATERIALS AND NANOTECHNOLOGIES)

Esta categoria está associada a vários projetos, dos quais se destacam o desenvolvimento de materiais e componentes super isolantes, a melhoria das propriedades técnicas dos materiais orgânicos, e o desenvolvimento de betões avançados com baixo teor de CO₂.

PROCESSOS CONSTRUTIVOS (CONSTRUCTION PROCESS)

Neste ponto, a abordagem realizada passa pelo desenvolvimento e integração de sensores/medidores de auto ensaio normalizados, e de procedimentos de verificação do desempenho energético, complementados com demonstrações à escala real de edifícios com necessidade de uma reconstrução profunda.

MONITORIZAÇÃO E GESTÃO DO DESEMPENHO ENERGÉTICO (ENERGY PERFORMANCE MONITORING AND MANAGEMENT)

Relativamente a este tópico, evidenciam-se o desenvolvimento de ferramentas de monitorização do desempenho das envolventes dos edifícios e do equipamento energético, subsistemas de autodiagnóstico para manutenção, abordagens de realidade virtual ao diagnóstico, desempenho energético sistemas de monitorização a nível de bairros edificados, e instrumentos de monitorização capazes de discriminar critérios adicionais do desempenho energético global dos edifícios.

TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (ICT)

Esta categoria abrange as tecnologias de integração, gestão e comércio de energia, controlo inteligente e integrado (ao nível do edifício), e também a sensibilização dos utilizadores e o apoio à decisão.

BIM (BUILDING INFORMATION MODEL)

Por fim, os projetos EeB cPPP que foram idealizados relativamente a esta categoria têm como base o desenvolvimento modelos de BIM melhorados para descrever interfaces de edifícios e projetos distritais, ferramentas BIM capazes incorporar modelos de construção, metodologias de certificação e processos de gestão de construção, assim como abordagens para impor a validade jurídica e contratual a longo prazo do BIM.

2.3 INDICADORES-CHAVE DE DESEMPENHO (FP7 vs H2020)

De modo a ser possível quantificar a evolução das EeB cPPP inseridas nos *Framework Programmes* (FP7 e H2020), foram concebidos indicadores-chave de desempenho (ICD).

Observando os valores dos ICD relativamente aos dois *Framework Programmes* apresentados na Tabela 1, é de salientar que ambos os programas conseguiram atingir valores respeitáveis a nível das reduções na emissão de CO₂, no consumo energético e também na utilização de recursos materiais (ECTP, 2018; ECTP, 2019).

Além disso, é relevante destacar que nos últimos 7 anos a participação das PMEs sofreu um aumento de 28% para 34%, o que demonstra que cada vez mais as entidades privadas estão dispostas a fazer investimentos na melhoria da eficiência energética das construções.

Assim, conclui-se que nos últimos 15 anos a EU tem mantido uma postura proativa no que diz respeito à melhoria da eficiência energética em construções, fazendo investimentos consideráveis em investigação e inovação, e incentivando ao investimento e à participação dos privados, nomeadamente as PMEs. Através desta atitude, têm sido atingidos resultados bastante positivos, que revelam que se o investimento continuar a ser bem aplicado, os objetivos da EU para os próximos anos irão ser atingidos.

Tabela 1 – Indicadores-Chave de Desempenho

Adaptado de ECTP (2018) e ECTP (2019).

ICD	FP7 (2007 a 2013)	H2020 (2014 a 2020)
Duração média por projeto (meses)	43,6	42,8
Quota-parte de participação de PME's (em 100%)	28%	34%
Orçamento médio (M€)	7,5	5,4
Orçamento mais elevado (M€)	46	12,9
Maior investimento privado adicional mobilizado num projeto (M€)	3,5	2
Redução média do uso de energia devido a inovações (em 100%)	32,7%	25,9%
Categoria mais representativa	Energy performance monitoring and management	Technology Building Blocks
Número de sistemas e tecnologias desenvolvidas pelos projetos cPPP	Mais de 300	260
Redução média do desperdício devido a inovações (em 100%)	7,7%	12,1%
Número de spin-offs e start ups resultantes de projetos cPPP	16	6
Número de aplicação de patentes	1	0,5
Redução da emissão média de CO ₂ devido a inovações (em 100%)	31,2%	23,6%
Demonstradores em escala real (média por projeto)	2,9	3,8
Formações e Eventos (média por projeto)	21,1	13
Redução média na utilização dos recursos materiais (em 100%)	8,6%	6,8%
Número de pessoas formadas (média por projeto)	968	794

2.4 MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS

2.4.1 CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO (CDE)

Provenientes da crise petrolífera dos anos 70, os CDE surgiram como um modo de financiamento inovador para reduzir o consumo de energia, através da recomposição dos custos de instalação e gestão de equipamento de poupança de energia (Okay e Akman, 2010).

Em 2008, abateu-se sobre a Europa uma grave crise financeira que atingiu especialmente os países mediterrânicos, afetando as economias nacionais e originando incertezas nos mercados (Polychroni e Androutsopoulos, 2020). Se por um lado os recursos financeiros foram sendo limitados desde então, por outro, a política de eficiência energética da EU tornou-se cada vez mais rigorosa, fixando objetivos claros e ambiciosos em termos de eficiência energética e emissões de CO₂, dos quais se destacam alcançar a máxima conservação de energia nos edifícios existentes e reduzir as emissões de CO₂ em 80% até o horizonte temporal de 2050.

Até 2040, espera-se que o consumo total de energia no mundo aumente em cerca de 40% e que, apesar dos desenvolvimentos realizados no campo das fontes de energia alternativas, os combustíveis fósseis continuem a representar mais de 75% da energia utilizada, o que faz com que as emissões de CO₂ continuem a aumentar (International Energy Agency, 2017). Relativamente ao consumo mundial de energia fornecida, verificou-se em 2015 que os edifícios residenciais e comerciais representaram cerca de 21% do valor total do consumo de energia (International Energy Agency, 2017). Em 2017, a construção e operação de edifícios gerou cerca de 40% de emissões de CO₂ relacionadas com a energia (International Energy Agency, 2019).

Enquanto novos edifícios energeticamente eficientes podem ser construídos, os edifícios já construídos continuarão a ser responsáveis pela maior parte do consumo de energia, fazendo com seja extremamente importante melhorar a eficiência energética destes imóveis (Tan, 2020). Da necessidade da melhoria da eficiência energética de edifícios já existentes, surgiram os Contratos de Desempenho Energético (CDE).

Segundo a Comissão Europeia (2012), um CDE é definido como um: *"Contrato de desempenho energético significa um acordo contratual entre o beneficiário e o fornecedor de uma medida de melhoria da eficiência energética, verificada e monitorizada durante toda a vigência do contrato, em que os investimentos (trabalho, fornecimento ou serviço) nessa medida são pagos em relação a um nível de melhoria da eficiência energética contratualmente acordado ou outro critério de desempenho energético acordado, tal como a poupança financeira"*.

Hoje em dia, os CDE são vistos como um mecanismo de mercado ou uma ferramenta de financiamento para encorajar os proprietários de edifícios, tanto públicos como privados, a realizar reabilitações a nível energético (Xu et al., 2011).

Assim sendo, os CDE envolvem a prestação final de serviços energéticos (iluminação, aquecimento, energia motriz), constituídos por energia convertida por equipamentos de conversão secundários (por exemplo, radiadores e aquecedores), que podem assim ser usufruídos diretamente pelos clientes, sem a necessidade de processos de conversão adicionais (Hannon e Bolton, 2015). Na Europa, os CDE espalharam-se amplamente por escolas, hospitais e edifícios governamentais e residenciais (Boza-Kiss et al., 2017).

2.4.2 EMPRESAS DE SERVIÇOS ENERGÉTICOS (ESE)

Como foi referido anteriormente, os CDE são celebrados entre beneficiários e fornecedores, sendo que os primeiros são constituídos por entidades públicas ou privadas, e os últimos por empresas que são intituladas como Empresas de Serviços Energéticos (ESE) (Bougrain, 2017).

Segundo a Comissão Europeia (2006): *"Uma pessoa singular ou coletiva que fornece serviços energéticos e/ou outras medidas de melhoria da eficiência energética numa instalação ou instalações dos utilizadores, e aceita algum grau de risco financeiro ao fazê-lo. O pagamento pelo serviço prestado baseia-se (total ou parcialmente) na realização de melhorias de eficiência energética e no cumprimento dos outros critérios de desempenho acordados"*. O tipo de serviço prestado pelas ESE foi identificado por vários especialistas e estudiosos como uma alternativa de elevado potencial para satisfazer as necessidades energéticas dos consumidores de uma forma mais sustentável do que a atual (Hannon e Bolton, 2015).

Habitualmente, uma ESE (que deve ser selecionada através de um procedimento de concurso público) é responsável por implementar medidas e oferecer o conhecimento necessário para que hajam efetivamente melhorias de eficiência energética, e também pela monitorização durante todo o período do contrato, estando sujeita a não receber o pagamento relativo aos serviços prestados se não garantir a poupança de energia fixada no contrato entre ambas as partes (ENERJ, 2017). O investimento realizado pelas ESE pode ser efetuado através de fundos das próprias empresas, ou através de mecanismos disponibilizados por uma instituição financeira (ENERJ, 2017).

O facto de o financiamento dos projetos de melhoria de eficiência energética ser realizado através de fundos das próprias ESE constitui, teoricamente, um fator de risco para estas entidades, criando alguma incerteza relativamente à decisão de estas direcionarem os seus investimentos para estes projetos. Contudo, os contratantes do setor público são apoiados financeiramente pelo Estado, o que proporciona às ESE a confiança de que os clientes pagarão as dívidas dentro do prazo, pois o setor público será sempre o último a chegar à falência (Hannon e Bolton, 2015).

2.5 MODELOS DE CONTRATAÇÃO DE PROJETOS DE MELHORIA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Em 2016, a Comissão Europeia propôs uma atualização diretiva sobre eficiência energética, a qual assenta principalmente em três pilares: *"colocar a eficiência energética (EE) em primeiro*

lugar, alcançar a liderança mundial em energias renováveis e proporcionar um acordo justo aos consumidores", com o objetivo de atingir a meta de reduzir as emissões de CO₂ em pelo menos 40% até 2030 (Lugarić et al., 2019). Atualmente, cerca de 75% dos edifícios são ineficientes em termos energéticos e, dependendo do Estado Membro, apenas entre 0,4% a 1,2% do stock de edifícios é renovado todos os anos (Boza-Kiss et al., 2017).

De modo a aumentar a renovação anual de edifícios, é necessário recorrer aos CDE, os quais podem ser alcançados através do modelo tradicional de aquisição, ou através de modelos alternativos de aquisição (Lugarić et al., 2019).

2.5.1 MODELO DE AQUISIÇÃO TRADICIONAL

O modelo de aquisição tradicional tem como principal atributo o facto de o setor público ser totalmente responsável pela prestação dos serviços de melhoria energética, sendo esta entidade também responsável por todas as fases do projeto, desde o seu início, até à construção, manutenção e período operacional do projeto (Lugarić et al., 2019).

Durante a implementação do projeto, o setor público é não só responsável pelo financiamento e aquisição do ativo, como também por alcançar a otimização tecnológica e energética ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento. Ao aplicar o modelo tradicional, o setor privado tem uma influência muito reduzida, participando geralmente apenas durante o período de construção, pelo que é questionável se o setor público tem os conhecimentos e competências para gerir e operar de forma ótima os riscos do projeto a longo prazo (Lugarić et al., 2019).

Neste modelo, todos os riscos associados ao projeto são totalmente suportados pelo setor público. Além dos riscos mencionados, as restrições orçamentais, a ausência de uma gestão eficiente e a falta de competências técnicas constituem três dos obstáculos principais à realização de projetos deste cariz por parte das entidades públicas (Martiniello et al., 2020).

2.5.2 MODELOS DE AQUISIÇÃO ALTERNATIVOS

Entre as várias barreiras que o setor público enfrenta na realização de projetos de eficiência energética, as restrições orçamentais públicas, tanto em termos de cortes nas despesas públicas e contração dos fundos públicos disponíveis, como na falta de competências técnicas e de gestão eficazes e eficientes na administração pública, são as mais importantes (M. K. Lee et al., 2003). Para ultrapassar estas barreiras, são necessários modelos alternativos de contratos públicos que explorem cada vez mais as competências do setor privado na entrega de projetos de eficiência energética (Roshchanka e Evans, 2016).

Na Figura 1, é possível observar que os CDE, celebrados entre clientes e ESE, fornecem soluções eficazes para ultrapassar as barreiras que o setor público enfrenta (Xu e Chan, 2013; Lugarić et al., 2019). Entre os modelos de contratos alternativos, destacam-se os Contratos de Poupança Garantida, os Contratos de Poupança Partilhada e os First-Out Contracts, que são

todos modelos de contratação utilizados para se estabelecerem Parcerias Público-Privadas (Martiniello et al., 2020).

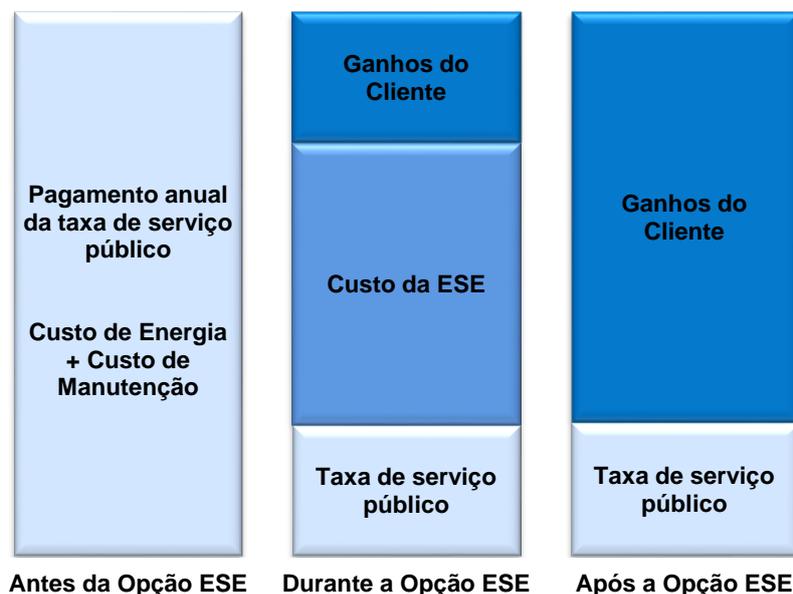


Figura 1 - Modelos de Contratação Tradicionais vs Modelos de Contratação Alternativos

Adaptado de Lugarić et al. (2019)

2.5.2.1 Parcerias Público-Privadas

O modelo das PPPs pode envolver o financiamento, concepção, construção, operação e/ou manutenção de infraestruturas, as quais são habitualmente adquiridas e fornecidas pelo setor público, como hospitais, escolas, bibliotecas, etc. Devido ao facto de muitos projetos públicos de eficiência energética deterem algumas características de PPPs, como prestação de serviços públicos, transferência de risco de construção, risco de disponibilidade, entre outros, podem ser realizados através do modelo de PPPs (Lugarić et al., 2019). O principal objetivo da implementação dos projetos de eficiência energética segundo o modelo PPP reflete-se na prestação de serviços públicos, e não apenas na realização de poupanças de energia, como é o caso dos modelos alternativos apresentados anteriormente (Lugarić et al., 2019).

Numa estrutura típica de um modelo contratual PPP, o setor privado suporta os riscos relacionados com a construção e/ou reconstrução, aos quais associa pelo menos um dos seguintes riscos: risco de disponibilidade ou risco de procura (Eurostat, 2016). Além disso, as PPPs possuem uma melhor margem de manobra para transferir riscos em comparação com os modelos de aquisição tradicionais e com os modelos de aquisição alternativos anteriormente mencionados, servindo como exemplo o facto de os pagamentos do setor público não serem fixos e não se basearem nas poupanças esperadas, podendo ser retidos até que os ativos estejam em funcionamento, o que serve de motivação para que os empreiteiros concluam os projetos de eficiência energética dentro do prazo e do orçamento (Hurst e Reeves, 2004).

Consequentemente, as autoridades públicas podem dirigir totalmente o seu foco para a definição de especificações de resultados e para a obtenção da relação custo-benefício esperada (Bing et al., 2005).

2.5.2.2 Contratos de Poupança Garantida

Nos Contratos de Poupança Garantida, as ESE são responsáveis pela “concepção e implementação do projeto mas não pelo seu financiamento”, ou seja, os projetos são financeiramente apoiados, na sua maioria, pelos clientes (Martiniello et al., 2020; Huimin et al., 2019). Neste caso, como os riscos de desempenho da poupança são assumidos pelas ESE, o CPE deve incluir cláusulas especificando a obrigação das ESE em garantir a poupança energética e pagar a diferença no caso de esta não ser obtida, pelo que se recomenda exigir uma garantia de poupança nos custos de energia a preços constantes do ano base, facilitando a comparação de diferentes propostas (ENERJ, 2017). Se a poupança ultrapassar o nível garantido, o excesso é dividido entre o cliente e a ESE de acordo com as disposições especificadas no contrato (geralmente, o cliente recebe pelo menos 50% do excesso da poupança) (ENERJ, 2017).

Na Figura 2 encontram-se sucintamente esquematizados o modo de funcionamento e as relações entre os três principais intervenientes (cliente, ESE e instituição financeira) quando se opta por um contrato de poupança garantida.

A principal vantagem destes contratos é a promoção do crescimento e viabilidade das ESE recentemente estabelecidas que possuam recursos limitados e um historial de crédito (Pätäri e Sinkkonen, 2014). Em países com uma estrutura bancária subdesenvolvida, conhecimentos técnicos insuficientes e com pouco entendimento relativamente a projetos de eficiência energética, a aplicação dos contratos de poupança garantida pode tornar-se um desafio (Pätäri e Sinkkonen, 2014).

Neste caso, não havendo transferência de risco de construção/risco financeiro para a entidade privada, estes contratos têm de ser considerados “on-balanced” no que diz respeito às contas públicas, o que representa uma desvantagem para o cliente (Martiniello et al., 2020).

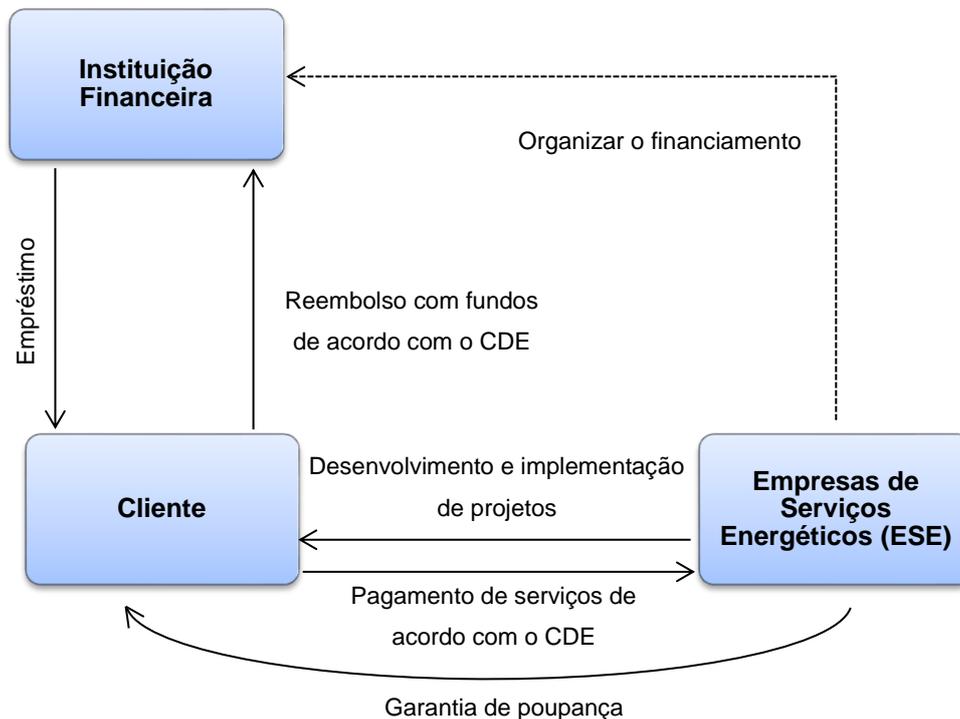


Figura 2 - Relação entre Cliente, ESE e Instituição de Financeira

Adaptado de Taylor et al. (2008)

2.5.2.3 Contratos de Poupança Partilhada

Nos Contratos de Poupança Partilhada, as ESE são responsáveis pela concepção, implementação e financiamento do projeto, e uma percentagem de poupança energética pré-estabelecida é partilhada entre os parceiros públicos e privados, durante um período contratual fixo (Martiniello et al., 2020). O desempenho neste tipo de contrato está relacionado com a percentagem de poupança de custos energéticos. Com base no custo do projeto, na duração do contrato e nos riscos assumidos pela ESE e pelo cliente, é pré-determinada uma percentagem da poupança de custos, a qual é dividida pelos dois intervenientes durante um período de tempo previamente definido (Pătări e Sinkkonen, 2014). Num acordo standard de poupança partilhada, além do financiamento, desenvolvimento do projeto e implementação dos riscos de desempenho, as ESE são também responsáveis pelo risco da taxa de juros e o risco do aumento dos custos de serviços, bem como pela cláusula de reajuste acordada por ambas as partes (ENERJ, 2017).

Para além de ser um bom modelo introdutório no desenvolvimento dos mercados de ESE, o facto de o cliente não ter riscos financeiros associados, sendo apenas obrigado a pagar uma percentagem da poupança real às ESE durante um período de tempo especificado, a qual não é considerada uma dívida, não aparecendo portanto no balanço dos clientes, revelam-se como duas das principais vantagens deste tipo de contrato (Pătări e Sinkkonen, 2014). Assim, ao contrário do primeiro modelo de aquisição alternativo mencionado, o modelo de poupança

partilhada pode ser considerado “off-balance” nas contas públicas, se os riscos operacionais e de desempenho estiverem totalmente alocados às ESE (Martiniello et al., 2020).

Contudo, a possibilidade de as ESE ficarem demasiado endividadas com estes projetos, gerando dificuldades em obter financiamentos a preços razoáveis e na contração de novas divididas relativas a projetos adicionais, representa uma desvantagem no que diz respeito aos contratos de poupança partilhada (Pätäri e Sinkkonen, 2014).

Observando-se a Figura 3, onde se encontram expostas as relações entre os vários intervenientes que participam nos contratos de poupança partilhada, é possível constatar que, ao contrário dos contratos de poupança garantida, não existe qualquer tipo de interação entre o cliente e a instituição financeira neste tipo de contrato..

Segundo Goldman et al. (2005), o mercado das ESE mudou ao longo das últimas décadas, resultado da preferência por contratos de poupança garantida em detrimento dos contratos de poupança partilhada, sendo que em 2017 o modelo de poupança garantida foi utilizado em 86% dos CDE. Os principais motivos para esta mudança estão diretamente relacionados com uma maior certeza de poupança, menores custos de financiamento, e menores custos de transação dos contratos de poupança garantida, na perspectiva dos proprietários (Hopper et al., 2005).

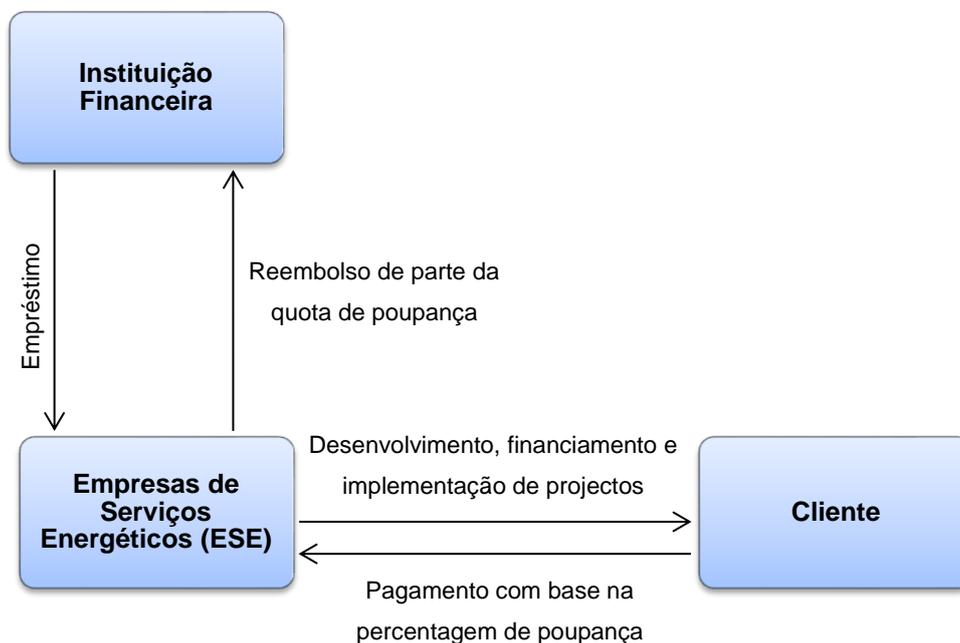


Figura 3 - Relação entre Cliente, ESE e Instituição Financeira

Adaptado de Taylor et al. (2008)

2.5.2.4 First-Out Contracts

Os First-Out Contracts destacam-se pelo facto de serem as ESE a financiarem os investimentos e reterem todas as poupanças de energia durante um determinado período contratual (Martiniello et al., 2020). Apesar de o período contratual ser definido aquando da celebração do contrato, se a ESE cobrir os custos do projeto e os seus lucros na totalidade antes do final do contrato, o mesmo termina nessa data, e as economias de energia passam a ser retidas a partir daí pelo cliente (Taylor et al., 2008). Logo, este tipo de contrato tem como principal característica o facto de a sua duração ser influenciada pela quantidade de poupanças alcançadas, sendo que quanto maior for a poupança energética, menor é a duração do contrato (Martiniello et al., 2020).

Uma variação do First-Out Contract é o chamado “Chauffage”, que é um contrato de gestão de energia em que são fornecidos pela ESE ao cliente um conjunto acordado de serviços energéticos (como aquecimento de espaços, iluminação, energia motriz, etc.) (Carbonara e Pellegrino, 2018). Esta variante inclui operações de desempenho energético, que consistem na operação de sistemas de modo a assegurar um determinado nível de conforto (como níveis de humidade e temperatura equilibrados) sem, contudo, se comprometer explicitamente a realizar investimentos em eficiência energética (Carbonara e Pellegrino, 2018).

2.5.2.5 Vantagens e Desvantagens dos Modelos de Contratação

Feita uma descrição detalhada sobre os modelos de aquisição alternativos de projetos para melhoria da eficiência energética, observa-se que estes possuem mais-valias relativamente ao modelo de aquisição tradicional. As principais vantagens do uso de CPE da perspetiva do cliente são (ENERJ, 2017):

- O alívio do orçamento e do risco financeiro: o capital para financiar o projeto do CDE pode ser fornecido pelo provedor do CDE ou por uma terceira entidade;
- Transferência do risco técnico do cliente para as ESE, que assumem os riscos de desempenho do projeto contratualmente acordados;
- Não há necessidade de capital inicial do lado do cliente;
- Poupança garantida: as ESE garantem o nível de poupança contratualmente acordada é alcançada, e é obrigada a compensar as lacunas de poupança;
- As ESE fornecem todos os serviços necessários para conceber e implementar o projeto, cuidando de todas as fases do mesmo.

Contudo, os benefícios para as entidades públicas não estão limitados aos anteriormente mencionados. A possibilidade de os CDE serem ou não considerados nas contas públicas é outro fator de carácter relevante para a escolha sobre qual o tipo de modelo de aquisição a adotar. Na Tabela 2 encontram-se discriminados os modelos de contratos alternativos, bem como a possibilidade de estes serem ou não considerados nas contas públicas (“on-balance” e “off-balance”) (Martiniello et al., 2020).

Ao analisar a Tabela 2, verifica-se que os tipos de contrato mais apelativos para as entidades públicas são os contratos de poupança partilhada e os First-Out Contracts, sendo que só é possível considerar estes dois tipos de contratação “off-balance” se as ESE assumirem os riscos operacionais e de desempenho.

Tabela 2 - Riscos associados aos Modelos de Contratação Alternativos

Adaptado de Martiniello et al. (2020)

Tipo de Contrato	Riscos de Construção/Financeiros	Riscos de Desempenho Operacional/Energético	Risco de Procura	On-Off Balance
Poupança Garantida	A entidade pública é responsável pelo serviço de dívida (risco não transferido)	Apenas os riscos de desempenho energético são transferidos	não transferido	On balance
	A entidade pública é responsável por mais de 50% do serviço de dívida ou fornece garantia financeira (risco não transferido)	Ambos os riscos de desempenho energético e operacionais são transferidos	não transferido	On balance
Poupança Partilhada	A ESE é responsável Pelo serviço de dívida (risco transferido)	Apenas os riscos de desempenho energético são transferidos	não transferido	On balance
	A ESE é responsável Pelo serviço de dívida (risco transferido)	Ambos os riscos de desempenho energético e operacionais são transferidos	não transferido	Off balance
First-Out Contracts	A ESE é responsável Pelo serviço de dívida (risco transferido)	Apenas os riscos de desempenho energético são transferidos	não transferido	On balance
	A ESE é responsável Pelo serviço de dívida (risco transferido)	Ambos os riscos de desempenho energético e operacionais são transferidos	não transferido	Off balance

Todavia, existem também algumas desvantagens associadas aos modelos de aquisição alternativos. Segundo o ENERJ (2017) destacam-se as seguintes:

- O CDE requer um contrato sofisticado com a definição de um consumo de referência, bem como capacidade adequada para lidar com processos complexos;
- Os projetos de CDE exigem tempo e recursos adequados (tanto em termos de pessoal qualificado como de fundos) para cobrir a fase de *startup* (definição de linhas de base e preparação de documentos de licitação), formar operadores, executar procedimentos administrativos e atividades de monitorização e avaliação;
- As disposições do CDE podem não se encaixar perfeitamente nas regras e procedimentos de aquisição existentes;
- O período de retorno da maior parte das medidas de poupança de energia a implementar tem de ser inferior ao número de anos requerido (frequentemente 10 anos), para ser comercialmente viável;

- Apenas uma determinada dimensão de projetos de CDE pode fazer face aos custos globais do desenvolvimento do projeto, e pequenos projetos muitas vezes não são adequados para financiamento de CDE.

2.5.2.6 Comparação dos Diferentes Tipos de Contratos

Ao contrário do modelo de aquisição tradicional, o recurso a modelos alternativos de aquisição para projetos de eficiência energética tem de ser justificado por diversas técnicas analíticas, sendo a análise “Value-For-Money” (VfM) uma das técnicas mais recorrentes para este efeito (Lugaric et al., 2019). A análise VfM é uma ferramenta analítica onde todos os valores considerados estão na forma de “taxa unitária única”, que ajuda a comparar diferentes opções, incluindo no seu cálculo todos os custos de possíveis projetos de eficiência energética em todo o ciclo de vida (European PPP Expertise Centre, 2015). A Figura 3 é um exemplo representativo de um resultado final da análise VfM segundo os diferentes modelos de contratação.

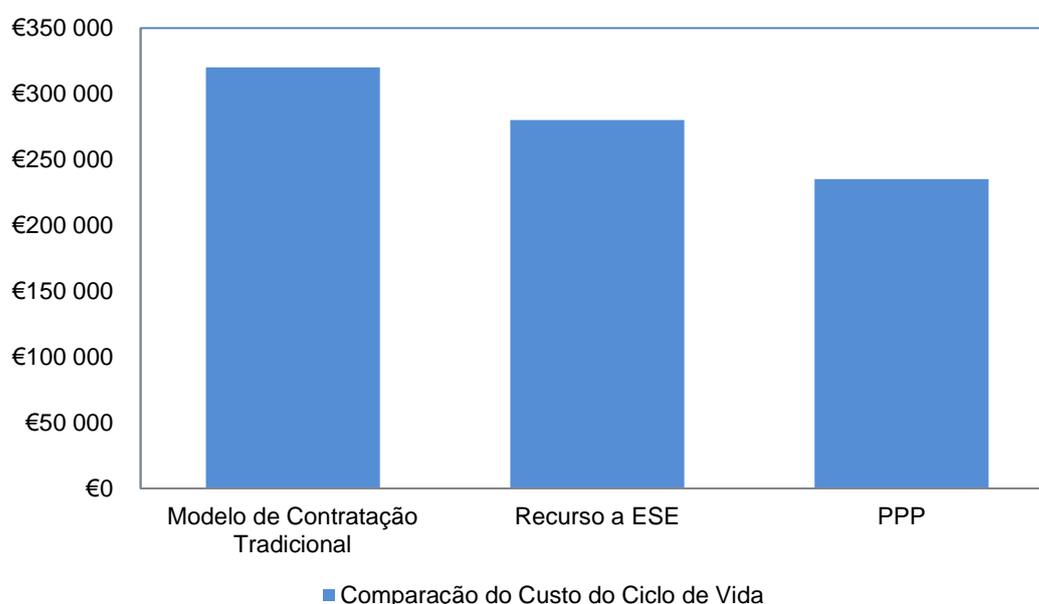


Figura 4 - Comparação do Custo do Ciclo de Vida dos Modelos de Contratação Tradicionais e Alternativos

Adaptado de Lugaric et al. (2019)

Pela análise da figura, o VfM máximo que o setor público pode obter se quiser implementar um determinado projeto de melhoria de eficiência energética, é através do recurso ao modelo PPP, tendo em conta todos os custos num horizonte de vida do projeto de 30 anos (Lugaric et al., 2019).

No município de Tours, em França, durante mais de 20 anos, a operação e manutenção de diversas instalações de 176 edifícios (incluindo escolas, piscinas, ginásios, entre outros), eram da responsabilidade do setor privado (Bougrain, 2012). Em 2007, quando os contratos com 3 empresas do setor privado terminaram, o município estudou a implementação um modelo PPP,

com o objetivo de beneficiar da poupança garantida de custos conseguida através da melhoria da eficiência energética, e substituir os sistemas de caldeiras de aquecimento, metade destes com cerca de 20 anos de utilização. A remuneração cobriria todos os custos de investimento nos edifícios e as poupanças de custos alcançadas, e os empreiteiros ficariam responsáveis por modernizar e otimizar os sistemas de energia e as instalações de automação dos edifícios. Após alguns estudos, ficou provado que a opção pelo modelo PPP garantia uma boa relação qualidade/preço e apesar de ter originado um maior custo de financiamento para o município, esse excesso foi compensado pela concorrência feroz entre as entidades privadas, pelas melhores competências disponíveis no mercado privado e pela capacidade dos parceiros privados em garantir uma redução do consumo de energia (Bougrain, 2012).

No Noroeste da Croácia, foi analisado um outro caso de estudo relacionado com uma profunda renovação e aumento de eficiência energética dos edifícios escolares dessa região, que se encontravam na altura abrangidos pelo modelo PPP (European PPP Expertise Centre, 2015). Feita a análise VfM (Figura 5), chegou-se à conclusão que o modelo PPP pode reduzir o custo energético em euros por metro quadrado (€/m²) em cerca de 12%, o que mostra de novo uma maior eficácia deste modelo de aquisição alternativo comparado com o modelo tradicional (Lugarić et al., 2019).

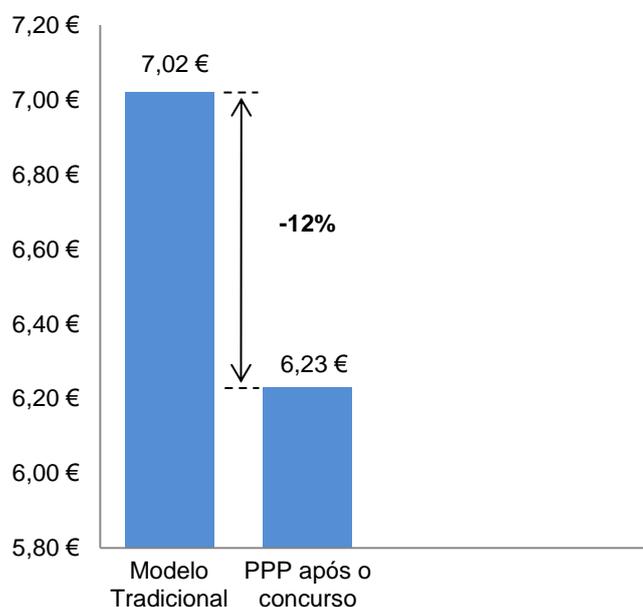


Figura 5 - Redução de custos associada aos Modelos de Contratação Alternativos

Adaptado de Lugarić et al. (2019)

Com recurso à informação estudada e anteriormente referida relativamente aos estudos e à análise dos modelos de contratação tradicionais e alternativos para melhoria de eficiência energética em edifícios, foi elaborada a Tabela 3 que sintetiza as características mais relevantes de cada um dos diferentes tipos de contratos, incluindo os principais riscos associados a cada um deles.

Tabela 3 - Principais características dos Contratos de Desempenho Energético (CDE)

	Modelo Tradicional	PPP		
		Poupança Garantida	Poupança Partilhada	First-Out Contracts
Duração do contrato	Período fixo	Período fixo	Período fixo	Período variável
Investimento/Financiamento	Cliente	Maioritariamente o cliente	ESE	ESE
Riscos de Desempenho Operacional/Energético	Cliente	Partilhados ou apenas da ESE	Partilhados ou apenas da ESE	Partilhados ou apenas da ESE
On/Off Balance	On balance	On balance	On balance Off balance	On balance Off balance
Excesso de Poupança Energética	Assumido pelo cliente	Dividido entre o cliente e a ESE (cliente recebe pelo menos 50%)	Assumido pela ESE	Assumido pela ESE
Défice de Poupança Energética	Assumido pelo cliente	A ESE paga a diferença entra poupança acordada e a poupança obtida	Assumido pelo cliente	Assumido pela ESE

2.6 IMPLEMENTAÇÃO DE CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

2.6.1 PREPARAÇÃO E LANÇAMENTO DO CONCURSO

O aparecimento dos CDE para melhorar a eficiência energética de infraestruturas permitiu reduzir o risco a que as entidades públicas são expostas para desenvolver este tipo de projetos. No entanto, com a chegada dos novos modelos de contratação, surgiu a necessidade de adaptar e aprimorar os procedimentos relativos aos concursos públicos destinados a este fim. Para atingir os objetivos delineados, foi concebido um procedimento específico de contratação pública, o qual permite a celebração de CDE com ESE que se encontrem corretamente registadas e qualificadas para o efeito (CIM, 2018). De modo a facilitar a implementação deste processo, definiram-se critérios de elegibilidade para as empresas já registadas como ESE, nomeadamente dois níveis de qualificação com requisitos diferenciados de carácter técnico e financeiro, com o intuito de balizá-las (CIM, 2018). Na Tabela 4, encontram-se discriminados os requisitos mencionados anteriormente.

Tabela 4 - Requisitos mínimos para qualificação de ESE

Adaptado de CIM (2018)

	Âmbito (artigo 3º)	Requisitos mínimos de capacidade técnica (artigo 5º)	Requisitos mínimos de capacidade financeira (artigo 6º)
Segmentação do mercado em dois níveis de qualificação	<p>Nível 1</p> <p>Edifícios ou equipamentos com um consumo anual de energia, individual ou conjunto, inferior ou igual a 3GWh</p>	<p>- 2 PQ SCE¹ (1 RECS²) - 1 Auditor energético ou técnico SGCIE³</p>	<p>- Volume de negócios igual ou superior a 250 000 € (duzentos e cinquenta mil euros) - Autonomia financeira superior a 15%</p>
	<p>Nível 2</p> <p>Edifícios ou equipamentos com um consumo anual de energia, individual ou conjunto, superior a 3GWh</p>	<p>- 2 PQ SCE (1 RECS) - 1 técnico CMVP⁴ - 1 técnico SGCIE - 1 Engenheiro ou Engenheiro Técnico</p>	<p>- Volume de negócios igual ou superior a 1 500 000 € (um milhão e quinhentos mil euros); - Autonomia financeira superior a 20%</p>

Relativamente aos contratos de desempenho energéticos celebrados entre a Administração Pública e as ESE qualificadas nos termos do Regulamento do Sistema de Qualificação de Empresas de Serviços Energéticos (SQESE), o regime jurídico aplicável à formação dos mesmos é estabelecido com a publicação do **Decreto-Lei nº29/2011, de 28 de Fevereiro**, o qual valida o desenvolvimento de projetos de eficiência energética de acordo com os princípios estabelecidos no Código dos Contratos Públicos (CCP), dos quais se destaca o desenvolvimento de um caderno de encargos tipo, que é referencial para o lançamento dos procedimentos orientados para a celebração de CDE (CIM, 2018).

É importante salientar que, de modo a haver uma melhor preparação do concurso por parte da entidade adjudicante, esta deve proceder à priori a uma auditoria energética às infraestruturas que pretende otimizar (Bougrain, 2017). Este procedimento resulta na recolha de diversas informações, como o nível de ocupação, inventário e condições de equipamento e consumo de energia dos edifícios, garantindo assim um processo de concurso mais rápido e informado, ajudando os potenciais candidatos a fornecer melhores soluções e identificar melhor o período de retorno do investimento (Bougrain, 2017). Na Figura 6 encontram-se estruturadas as 10 fases do procedimento.

¹PQ SCE: Perito Qualificado em Sistemas de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior em Edifícios

²RECS: Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

³SGIE: Sistema de Gestão de Consumos Intensivos de Energia



Figura 6 - Procedimento dos Concursos Públicos para CDE

Adaptado de CIM (2018)

O contratante público adjudica e celebra o contrato com a ESE que cumpra os critérios definidos no caderno de encargos. No caso da eficiência energética, a qualidade da proposta técnica e o preço devem ser os parâmetros com mais peso nessa decisão, como é exemplificado na Figura 7, que tem como base os quatro critérios que foram definidos para selecionar os candidatos a um projeto de melhoria da eficiência energética de diversos edifícios públicos no município de Tours, em França (Bougrain, 2012).

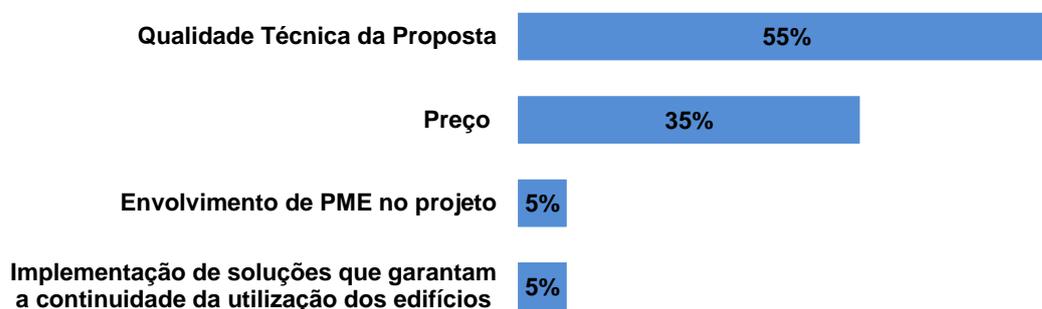


Figura 7 - Exemplo de critérios para adjudicação de CDE

Adaptado de Bougrain (2012)

2.6.2 PRINCIPAIS RISCOS E BARREIRAS DOS CDE

A implementação e celebração de CDE por parte das entidades públicas é vista como um meio para influenciar mudanças nos sistemas energéticos locais, e permite simultaneamente que estas entidades atinjam os objetivos políticos no que diz respeito a este tema (Hannon e Bolton, 2015). Algumas destas entidades preferem controlar toda a operação relativamente aos projetos de melhoria eficiência energética, fazendo com que tenham de assumir todos os riscos associados, enquanto outras, apesar de apreciarem o valor de controlar todo o desenvolvimento do projeto, não estão dispostas a expor-se a si mesmas e ao seu eleitorado aos riscos associados. Existe assim um compromisso de grande importância entre a exposição ao risco por parte das entidades públicas no que diz respeito aos projetos energéticos, e o controlo que estas podem exercer sobre o desenvolvimento dos projetos em questão (Hannon e Bolton, 2015). Com os parâmetros corretos, os CDE podem mitigar os riscos relacionados com as poupanças de energia previstas nos contratos (Tan, 2020).

Não obstante de terem vindo a crescer em todo o mundo, os mercados de serviços energéticos estão ainda distantes de concretizar o seu potencial (Huimin et al., 2019). Estudos prévios revelam que algumas barreiras fundamentais tais como as barreiras tecnológicas (como a falta de conhecimento e sensibilização), as barreiras financeiras (dificuldade em encontrar soluções de financiamento adequadas), e barreiras políticas (por exemplo, medidas políticas instáveis), devem ser derrubadas de modo a que os mercados de serviços energéticos alcancem todo o seu potencial (Huimin et al., 2019).

Os riscos associados aos CDE têm de ser devidamente considerados e estudados por ambas as partes na celebração destes contratos, pois quanto maior for o conhecimento em relação aos riscos, mais fácil será a mitigação dos mesmos. Lee et al (2015) identificaram os riscos críticos nos projetos de melhoria da eficiência energética, como a possível falta de pagamento por parte de EU após a execução do projeto, erros na medição de base e o aumento do custo de instalação. Por sua vez, Qian e Guo (2014) destacaram que os riscos e incertezas nestes projetos estão amplamente relacionados com os preços da energia, utilização de equipamento, eventos inesperados e riscos contratuais, entre outros. Além dos pontos mencionados anteriormente, é relevante destacar que o baixo conhecimento e consciência no desenvolvimento deste tipo de projetos, as barreiras e riscos técnicos, e o apoio político insuficiente para a aplicação deste tipo de projetos são outros riscos que merecem ponderação por parte dos decisores (W. Zhang e Yuan, 2019).

Em suma, Wang et al. (2019) referem que os riscos oriundos deste tipo de acordos podem ser agrupados em cinco grandes grupos: riscos financeiros e de mercado, riscos operacionais e de gestão, riscos tecnológicos, riscos do cliente e riscos ambientais externos.

2.6.2.1 Riscos Financeiros e de mercado

Os riscos financeiros e de mercado, neste caso para as ESE, provêm maioritariamente da procura e da oferta do mercado, das variações dos preços e dos meios de angariação de fundos. A presença de vários concorrentes, bem como a incerteza da resposta à procura dos mercados, representam fatores de grande risco para as empresas em questão.

Apesar dos fatores de riscos financeiros e de mercado se revelarem muitas vezes como fatores negativos, estes podem em certos casos beneficiar as empresas. Enquanto que o preço da mão de obra, dos materiais e dos equipamentos pode variar por diversas razões, levando a que possa haver um aumento dos custos relacionados com a construção, a possível queda dos preços da energia resulta numa poupança global nos custos do projeto, sendo, portanto, uma situação positiva para as ESE derivada de um risco (Jackson, 2010).

Na China, a maioria das ESE são pequenas e médias empresas, as quais têm dificuldades em obter empréstimos dos bancos, e quando os obtêm, enfrentam uma taxa de juro bastante elevada, que associada à ferocidade do mercado, aumenta a dificuldade para as ESE sobreviverem neste ambiente (Da-li, 2009).

Assim, os fatores de risco considerados como riscos financeiros e de mercados são: o risco de concorrência do mercado, o risco de variação dos preços, o risco de procura no mercado e o risco da taxa de juro elevada (Wang et al., 2019).

2.6.2.2 Riscos operacionais e de gestão

Os riscos operacionais e de gestão, como o nome indica, estão associados a lacunas ao nível da gestão interna, e a fatores relacionados com o projeto. A falta de talento e de profissionais qualificados, problemas ao nível das equipas de projetos, a aquisição de materiais e equipamento e a capacidade de operar e controlar o projeto são alguns dos problemas relacionados com a gestão e operação (Hui, 2002). Estas lacunas resultam (entre outros) em erros de decisão e assimetrias de informação, que contribuem para o insucesso do projeto.

Concisamente, os riscos operacionais e de gestão incluem os seguintes aspetos: força da equipa de projeto, risco de decisão, risco de capacidade, risco de gestão de informação, risco de aquisição e risco de construção (Wang et al., 2019).

2.6.2.3 Riscos tecnológicos

O setor das ESE na China (e não só) encontra-se ainda numa fase bastante prematura, o que faz com que estas empresas não possuam muitos exemplos com experiência e procedimentos bem fundamentados com que aprender, desenvolver e fundamentar os seus projetos. A falta de tecnologias avançadas e competitivas para melhorar a eficiência energética e a metodologia para medir e verificar o efeito de poupança de energia, juntamente com a ausência de procedimentos padrão, representam um risco tecnológico para as ESE, o que gera um distanciamento das mesmas em relação aos CDE. Os quatro principais riscos tecnológicos são então falta de normas para a implementação de CDE, risco da tecnologia avançada e do

equipamento, risco da qualidade do projeto, e risco da medição e verificação da poupança de energia (Wang et al., 2019).

2.6.2.4 Riscos do cliente

Predominantemente, os riscos do cliente provêm da falta de comunicação entre as ESE e os seus clientes, e podem resultar de diferentes situações, como a insatisfação do cliente com a poupança de energia, falsificação ou omissão de informação energética do projeto por parte do cliente, ou a desvalorização por parte de ambas as partes relativamente a alguns aspetos mencionados nos contratos (Vine, 2005). Os riscos de sensibilização do cliente (resposta negativa de um cliente às ESE com base na incerteza de uma diminuição das receitas, ou a falta de interesse), riscos de contrato (motivado por contratos incompletos e mal elaborados), risco de crédito (consequente da recusa de um cliente a implementar o contrato ou a efetivar o pagamento) e o risco empresarial (resultante de um poupança de energia pouco eficaz e baixa eficiência energética causada por operações inadequadas e erros da gestão empresarial), são os grupos de riscos do cliente mais significativos (Wang et al., 2019).

2.6.2.5 Riscos ambientais externos

Possíveis perdas causadas por fatores externos, como as políticas governamentais, o ambiente económico e as condições ambientais naturais, são alguns dos tipos de riscos ambientais externos (Y. Zhang et al., 2008). A política governamental e respetivos regulamentos sobre a conservação de energia, além de fornecerem poucos incentivos às ESE para executarem comportamentos de poupança energética, são alterados ao longo do tempo, o que representa um risco para as empresas em questão, que são também afetadas pelo ambiente macroeconómico. O desempenho das ESE pode ainda ser influenciado por condições de carácter natural, como o clima, a hidrologia, o relevo e os riscos naturais (Xu e Chan, 2013). O risco político e jurídico, o risco económico e o risco ambiental natural são os principais riscos ambientais externos, segundo Wang et al (2019).

Após a determinação e enumeração dos riscos, cabe aos clientes e às ESE fazerem uma análise sobre o impacto dos mesmos, de modo a que seja possível haver uma mitigação dos riscos de uma forma eficaz, o que se reflete num projeto mais otimizado e eficiente a longo prazo. A Figura 8 expõe as relações entre os diferentes grupos de risco, as quais devem também ser alvo de estudo por ambas as partes interessadas na celebração dos CDE.

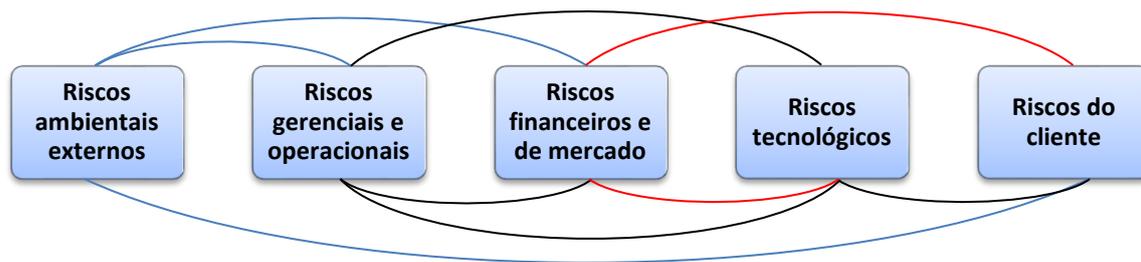


Figura 8 - Relações entre Grupos de Risco

Adaptado de Wang et al. (2019)

2.6.3 DESAFIOS FUTUROS

O Centro Europeu especializado em PPPs (EPEC) do Banco Europeu de Investimento definiu como os maiores desafios para o desenvolvimento e aplicação de abordagens de eficiência energética no setor público os desafios técnicos, económicos, orçamentais e legais, e institucionais (Antonini et al., 2016).

2.6.3.1 Desafios Técnicos

Os desafios técnicos estão directamente associados à falta de antecedentes técnicos e de especialização dos proprietários de edifícios públicos para entenderem as metodologias e tecnologias de eficiência energética para reduzir o consumo energético e/ou substituir a utilização de combustíveis fósseis por fontes de energias renováveis (Antonini et al., 2016). Os caminhos possíveis poderiam ser:

- Apelar à consciência dos gestores de edifícios públicos sobre o fosso entre o nível de consumo de energia da instalação que estão a administrar e o nível que poderia ser possivelmente alcançado;
- Compreender o valor financeiro das medidas de eficiência energética;
- Demonstrar a conveniência (mais barato e/ou menos poluente) da redução do consumo energético ou da substituição de energia consumida, através de tecnologias, métodos e serviços comprovados.

2.6.3.2 Desafios Económicos

Enquadram-se nos desafios económicos as dificuldades em demonstrar a relação custo-eficácia deste tipo de projetos, revelando-se difícil convencer os gestores a desenvolverem projetos que podem tornar-se pouco económicos se os preços da energia diminuïrem durante um período limitado de tempo. As garantias relativas à rentabilidade destes investimentos são fundamentais para a concretização dos mesmos, tanto do ponto de vista técnico (poupança física) como económico (poupança financeira) (Antonini et al., 2016).

2.6.3.3 Desafios Orçamentais

Relativamente aos desafios orçamentais, Antonini et al. (2016) referem que as entidades públicas enfrentam frequentemente dificuldades na obtenção de financiamento para investimentos, tornando-se incapazes de financiar todo o seu programa de investimento através do financiamento público. Como consequência das restrições impostas pelos quadros regulamentares, a capacidade das entidades públicas para alavancar as dívidas é cada vez mais limitada.

2.6.3.4 Desafios Legais e Institucionais

Quanto aos desafios legais e institucionais, é relevante destacar a dificuldade de introdução de medidas de eficiência energética ou a implementação de investimentos deste carácter em edifícios públicos, que está associada a uma série de questões relacionadas com os quadros legais, regulamentares ou institucionais (Antonini et al., 2016).

2.6.3.5 Consumo Energético em Edifícios

O consumo energético dos edifícios aumentou exponencialmente ao longo da última década, derivado de alguns fatores como o crescimento da população, uma maior quantidade de tempo passada dentro de casa por partes dos utilizadores, o aumento pela procura de soluções construtivas para melhorar os ambientes interiores, e também devido às alterações climáticas globais. Porém, se os edifícios forem corretamente concebidos, construídos e operados, é possível obter poupanças significativas a nível energético (Cao et al., 2016).

Atualmente, a maioria das pessoas passa cerca de 90% das suas vidas diárias dentro de casa, dependendo de aquecimento mecânico e ar condicionado para a obtenção de um maior conforto, o que contribui para que os edifícios sejam os maiores consumidores de energia nível mundial (Cao et al., 2016). Com o surgimento da pandemia Covid19, espera-se que a percentagem anteriormente referida aumente, tornando-se importante a implementação de medidas e o incentivo de projetos para melhoria da eficiência energética dos edifícios.

Através de um modelo desenvolvido por Isaac et al (2009) com o intuito de prever os fatores-chave que afetam o consumo energético dos edifícios, concluiu-se que, no cenário de referência, a procura global pelo aquecimento residencial diminuiria em cerca de 34% e a procura de arrefecimento aumentaria 72% até o ano de 2100. Como consequência das alterações climáticas globais, que têm um impacto significativo na evolução dos consumos energéticos em edifícios, a procura global de arrefecimento em edifícios irá ultrapassar a procura por aquecimento até 2070, como é possível constatar na Figura 9 (Cao et al., 2016).

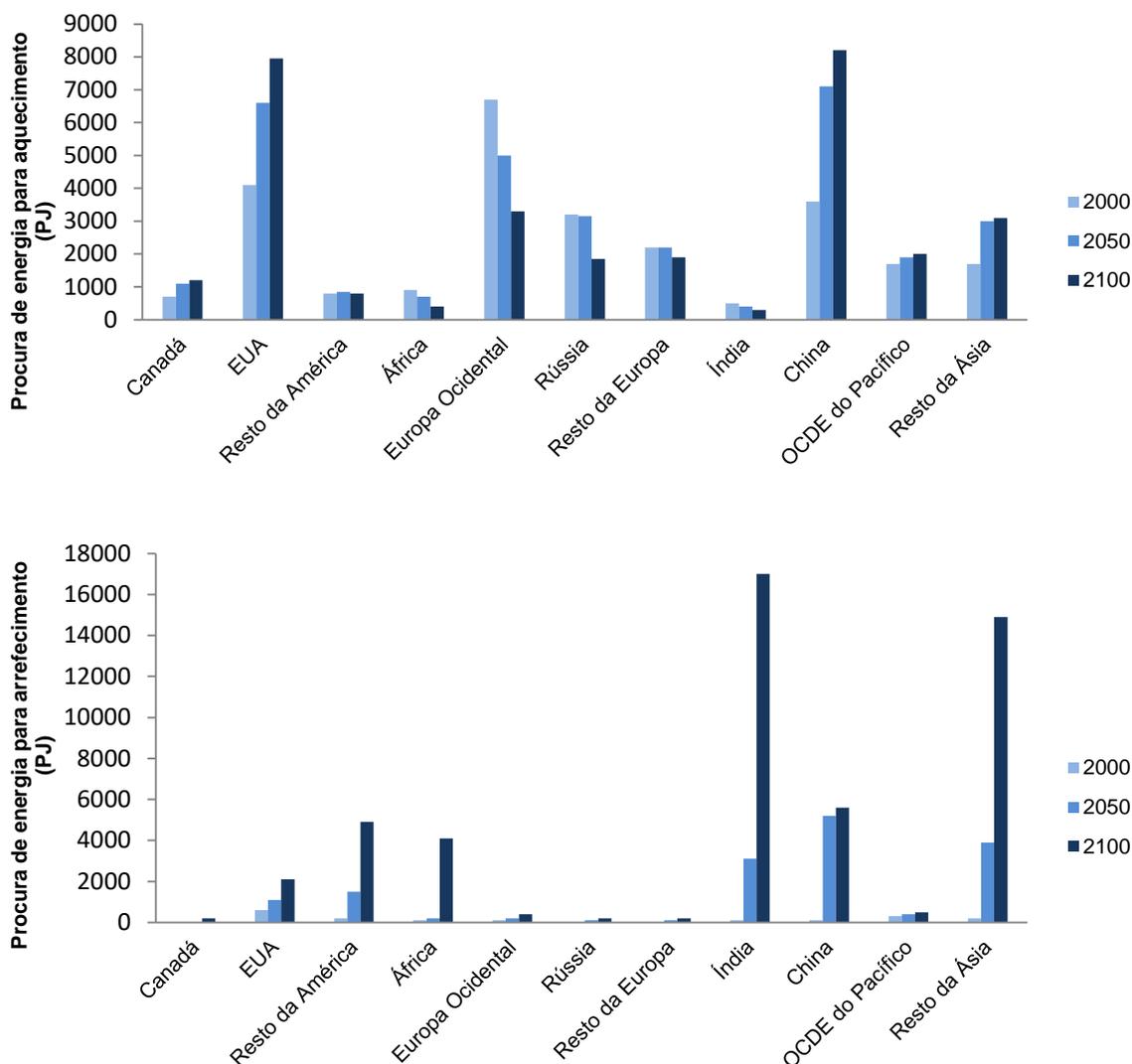


Figura 9 - Procura de energia para aquecimento e arrefecimento

Adaptado de Cao et al (2016)

O setor residencial possui um consumo de energia significativamente maior em relação aos edifícios comerciais e é responsável por mais de 40% do total das emissões de CO₂ dos edifícios, sendo os sistemas de aquecimento, ventilação e refrigeração (HVACs) os maiores contribuidores para as contas da energia e emissões de carbono deste setor, representando 43% do consumo energético residencial nos EUA e 61% no Canadá e no Reino Unido, que possuem climas mais frios (Nguyen e Aiello, 2013).

No que diz respeito ao setor comercial, o setor dos escritórios é o maior em termos de espaço e utilização de energia na maioria dos países, com o aquecimento, arrefecimento e iluminação a serem os maiores consumidores energéticos neste tipo de edifícios, variando o equilíbrio consoante o tipo de clima e o tipo ou tamanho do edifício de escritórios (Nguyen e Aiello, 2013).

Por fim, é também motivo de destaque o setor da venda a retalho, que está a crescer e a tornar-se cada vez mais consumidor a nível energético à medida que se expande desde pequenas lojas a centros comerciais sofisticados, sendo os principais consumidores de energia do comércio retalhista os HVACs e a iluminação. Em 2013, na Europa, o retalho total foi responsável por cerca de 23% da utilização energética do setor comercial (World Business Council for Sustainable Development, 2009).

2.6.3.6 Comportamento dos Utilizadores

Quando se pretende executar um projeto de melhoria de eficiência energética, é importante analisar o comportamento dos ocupantes dos edifícios. A presença e os comportamentos dos utilizadores dos edifícios são vistos como elementos chave, pois contribuem para grandes impactos no que diz respeito ao aquecimento, arrefecimento e procura de ventilação, consumo de energia de iluminação e aparelhos, e controlo dos edifícios, sendo que um comportamento inconsciente por parte dos ocupantes tem um impacto bastante negativo relativamente ao desempenho energético do edifício, como é possível constatar na Figura 10.

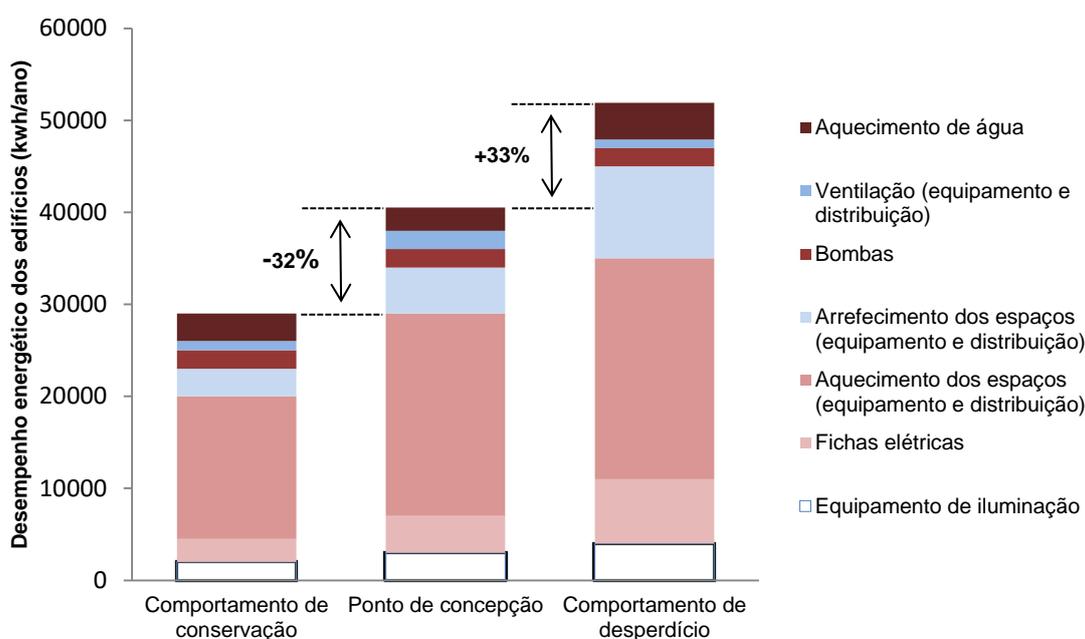


Figura 10 - Desempenho energético dos edifícios consoante o comportamento dos utilizadores

Adaptado de Nguyen e Aiello (2013)

Em 2009, uma investigação realizada pelo World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) demonstrou que é possível diminuir drasticamente a energia consumida nos edifícios, sendo possível poupar tanta energia quanto a que é utilizada no setor dos transportes. Uma alternativa para reduzir os consumos energéticos de edifícios são os chamados edifícios inteligentes, que facilitam o controlo dos consumos energéticos dos edifícios, e têm vindo a tornar-se uma tendência nos edifícios comerciais da próxima geração (Nguyen e Aiello, 2013).

3 APLICAÇÕES DE CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Nesta secção, encontram-se expostos alguns exemplos da aplicação de contratos celebrados entre entidades públicas e privadas com o intuito de serem obtidas melhorias de eficiência energética.

Devido ao facto do estudo do objeto em questão ter sido iniciado num passado bastante recente, não existem até à data muitos exemplos concretos e concluídos de aplicações dos CDE. Assim sendo, recorreu-se a apenas alguns exemplos bem fundamentados de aplicação dos CDE em países europeus (nomeadamente Itália, Eslovénia e Espanha) aplicados não só ao nível das infraestruturas, como também à iluminação pública.

No final desta secção, encontra-se elaborada uma tabela síntese com os resultados mais importantes obtidos em cada um dos exemplos demonstrados.

3.2 ITÁLIA – MUNICÍPIO DE GUIDONIA MONTECELIO

O Município de Guidonia Montecelio situa-se a cerca de 29 km de Roma na direção de nordeste (Figura 11), e tem uma superfície territorial 79,06 km², constituída maioritariamente por terreno plano e por uma zona montanhosa um pouco acima dos 300 metros.

A população deste município encontra-se estimada entre os 85.000 e os 100.000 habitantes, pois muitos dos residentes de Guidonia Montecelio possuem residência oficial em Roma, mas residem e trabalham permanentemente no município em questão. Atualmente, Guidonia Montecelio é o terceiro município mais populoso da região de Lázio, apenas atrás de Roma e Latina.

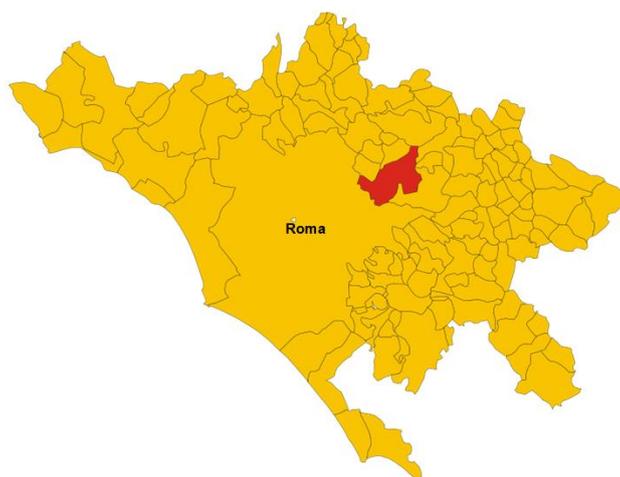


Figura 11 - Localização do município de Guidonia Montecelio

Fonte: Wikipédia (2020a)

A densidade populacional é de cerca de 1082 hab/km², o que representa um valor bastante elevado. No entanto, um valor alto para este índice significa também que, em termos gerais,

existe um elevado potencial para implementar medidas de eficiência energética e mobilidade sustentável (Cusano et al., 2011).

3.2.1 SITUAÇÃO ENERGÉTICA DO MUNICÍPIO

No município de Guidonia Montecelio, o maior consumo energético provém do aquecimento civil e das atividades de produção de combustíveis, transporte de combustíveis e de utilização de eletricidade. Entre 1990 e 2008, o consumo per capita de um habitante desta região, relativo ao uso de eletricidade, energia térmica e de transporte, fixava-se em 17,57 MWh/ano. O consumo médio dos mesmos recursos de um cidadão residente em Itália ascende ao valor de 25,11 MWh/ano, verificando-se portanto que o consumo de um habitante do município de Guidonia Montecelio era inferior relativamente à média nacional (Cusano et al., 2011).

Ao aderir ao Pacto de Autarcas, o município de Guidonia Montecelio comprometeu-se a reduzir as emissões de CO₂ em pelo menos 20% até 2020, o que representa uma diminuição de emissões de CO₂ per capita de 6,13 toneladas para 4,9 toneladas, num período de 10 anos (Cusano et al., 2011). Para atingir estes resultados, foram implementadas medidas de melhoria de eficiência energética em diversos setores, algumas das quais com recurso a contratos de desempenho energético.

3.2.2 ILUMINAÇÃO DE RUA

3.2.2.1 Descrição do Projeto

Com o intuito de atingir os objetivos propostos, o município de Guidonia Montecelio efetuou uma campanha para a substituição completa de todas as luminárias para iluminação pública, de modo a substituir os equipamentos utilizados por outros com maior eficiência energética, originando assim uma redução nas emissões de CO₂. Esta campanha visava atingir dois objetivos em específico:

- Melhorar o desempenho energético da iluminação pública nas ruas, através de fundos públicos e privados;
- Utilização de parcerias público-privadas para efetuar intervenções de eficiência energética na iluminação pública e na renovação da rede de iluminação pública.

Para este efeito, a Administração Municipal publicou em 2008 um concurso público para a concessão do serviço e iluminação pública do município. Este serviço incluía também a implementação, gestão e manutenção de um sistema informático para gerir toda a rede. O valor total a pagar ao concessionário foi estimado pelo município em 28.454,500€ (mais IVA), a pagar durante um período contratual de 20 anos (Colella et al., 2013).

De modo a adjudicar este contrato à proposta economicamente mais vantajosa, foram definidos os seguintes critérios de avaliação:

- 60% para a qualidade técnica da proposta, dos quais:

- 15% correspondentes à qualidade da solução de serviço de iluminação proposto;
 - 15% correspondentes à adequação dos padrões mínimos do perfil organizacional;
 - 15% correspondentes à qualidade do sistema de informação e gestão;
 - 15% correspondentes ao plano económico e financeiro, com particular referência aos riscos assumidos.
- 15% para a eficiência energética garantida;
 - 15% para oferta económica (ou valor total da prestação a pagar);
 - 10% para o tempo necessário para instalar o sistema.

O concurso público em questão foi adjudicado a um consórcio composto por duas ESE, a *Enel Sole S.R.L* e a *Aristea Service Soc. Coop. A R.L.*, cuja proposta para o valor total da concessão durante todo o período contratual foi de 25.877,281€ (mais IVA) (Colella et al., 2013).

3.2.2.2 Contrato e Resultados

Devido aos orçamentos limitados e à falta de capacidade de endividamento, o município de Guidonia Monticelio decidiu delegar a responsabilidade substituição de cerca de 10.000 lâmpadas tradicionais por tecnologia LED nas suas ruas, ao consórcio anteriormente referido, ao abrigo do princípio das parceiras público-privadas (ENERJ, 2017).

O consórcio selecionado ficou então responsável pela viabilidade económico-financeira do projeto, bem como pelo planeamento e execução dos trabalhos necessários, operação e manutenção das instalações e provisão financeira. As ESE em questão financiaram os investimentos com base nos seus próprios recursos, recuperando o investimento através de um contrato de poupança partilhada com a duração de 20 anos, onde a maior parte da poupança de energia foi utilizada para o reembolso do investimento (ENERJ, 2017).

Com esta intervenção, foi possível reduzir em 45% o consumo de energia elétrica e em 33% a potência total instalada, permitindo ao município alcançar 1,5GWh/ano de economia de energia (ENERJ,2017).

3.2.2.3 Observações

Além de ter fomentado uma relação positiva entre as entidades públicas e privadas, o contrato em questão teve também como fator de sucesso a boa utilização de uma combinação de investimento público e privado, bem como o aproveitamento das oportunidades oferecidas pela parceira público-privada. Por outro lado, a elevada percentagem de poupança de energia devolvida à ESE pelo município representa um ponto a rever neste tipo de parceria (ENERJ, 2017).

3.2.3 EDIFÍCIOS MUNICIPAIS

O consumo de energia da administração municipal e as respetivas emissões associadas desempenham um papel bastante significativo relativamente às emissões de CO₂ no território

de Guidonia Montecelio. Além disso, as despesas relacionadas com consumos energéticos representam um valor substancial no orçamento do município (Cusano et al., 2011).

No total, existem 43 edifícios que são propriedade do município, os quais se encontram seguidamente discriminados:

- 26 escolas;
- 2 ginásios em edifícios independentes;
- 6 escritórios;
- 5 centros de lazer (3 centros de terceira idade e 2 centros culturais e musicais);
- 1 biblioteca;
- 1 câmara do conselho;
- 1 antiquário;
- 1 campo desportivo.

Nos edifícios anteriormente mencionados, são utilizadas principalmente lâmpadas de néon e lâmpadas fluorescentes compactas para a iluminação interior. A substituição destas lâmpadas por outras mais eficientes, associada à troca de balastros eletromagnéticos por balastros eletrónicos, não só reduz a potência consumida como garante uma poupança de energia entre 20% e 30% por lâmpada (Cusano et al., 2011).

Posto isto, o município de Guidonia Montecelio encomendou um estudo de viabilidade para a substituição de dispositivos de iluminação por outros energeticamente eficientes, com o intuito de obter uma redução de até 60% no consumo de energia elétrica.

3.2.3.1 Descrição do Projeto

De modo a atingir a redução de consumo energético desejada, o município lançou uma campanha para a substituição completa de todos os aparelhos de iluminação de espaços interiores de todos os edifícios públicos por sistemas com melhor eficiência energética, integrados com um sistema de emergência, controlo remoto e telediagnóstico (ENERJ, 2017).

Com este projeto, o município pretende que sejam realizadas as seguintes ações:

- Substituição de 5100 lâmpadas tradicionais por tecnologia LED;
- Colocação de 900 lâmpadas no sistema de emergência;
- Remoção, transporte e transferência para aterros autorizados dos aparelhos de iluminação antigos;

O projeto foi avaliado em 1.250.000€, e com a sua realização, os principais benefícios que a autoridade municipal ambiciona obter são os seguintes:

- Nenhum investimento para implementar o novo sistema de iluminação;
- Instalação de novas luminárias;
- Reduzir o consumo de energia em 772,5 MWh/ano;

- Reduzir as emissões de CO₂ em 410,9 toneladas/ano;
- Benefício imediato de 10% nos custos de energia de iluminação;
- Manutenção total das luminárias em todas as suas partes (durante o período de duração do contrato);
- Total poupança de energia e propriedade das luminárias no final do contrato;
- Melhoria da eficiência energética do sistema.

3.2.3.2 Contrato e Resultados

Através de um concurso público foi selecionada uma ESE para a realização do projeto, sendo que esta entidade ficou responsável por todas as fases do mesmo: viabilidade económico-financeira, planeamento e execução das obras necessárias, operação e manutenção das instalações, e provisão financeira. A duração do contrato foi fixada em 15 anos (ENERJ, 2017).

O acordo celebrado entre o município e empresa consiste num contrato de poupança partilhada, no qual foi garantido pela ESE uma redução no consumo de energia elétrica de 57%, sendo 90% da poupança de energia garantida utilizada para a ESE recuperar o seu investimento (ENERJ, 2017).

Se a economia de energia for superior a 57% (valor fixado no contrato), a maior parte da poupança é mantida pelo município. Em caso contrário, a ESE assume a responsabilidade de reembolsar o município. A empresa deve ainda fornecer a manutenção e incluir a substituição de lâmpadas partidas, durante o período contratual.

Com esta intervenção cumpriu-se o objetivo de reduzir em 57% o consumo de energia elétrica e reduzir toda a energia elétrica instalada. A instalação do sistema de controlo remoto para monitorizar o consumo real de todas as lâmpadas foi um dos fatores que permitiu atingir os objetivos delineados, pois permite o acesso do departamento técnico do município para trabalhos de supervisão, e da ESE para atuar dentro do sistema de modo a, por exemplo, ligar e desligar luzes quando necessário (ENERJ, 2017).

3.2.3.3 Observações

Semelhantemente ao projeto de substituição de iluminação pública de rua, a celebração deste contrato de desempenho energético promoveu uma relação positiva entre as entidades pública e privada. A utilização do CDE fez ainda com que o investimento fosse totalmente assumido pela empresa contratada, com garantia de resultados durante 15 anos (período contratual), sendo a utilização de um gestor de energia um aspeto determinante para atingir a poupança pretendida (ENERJ, 2017).

3.3 ESLOVÉNIA – MUNICÍPIO DE KOPER

O Município de Koper ocupa uma área de 303,2 km² junto à costa do mar Adriático (Figura 12), e situa-se na região de Coastal-Karst, que apesar de ser uma das regiões mais pequenas da Eslovénia, é classificada como uma das mais desenvolvidas no que diz respeito ao desenvolvimento económico (GOLEA, 2019).

Segundo o Serviço de Estatística da República da Eslovénia, em 2010 habitavam cerca de 53.000 pessoas em Coast-Karst, das quais 25.459 residiam na cidade de Koper, valor que representa cerca de 50% de toda a população do município. Devido ao elevado número de habitantes para uma área tão dimuta, a densidade populacional de Koper era superior à média do país, atingindo 168 hab/km² (GOLEA, 2019).

Devido ao facto de apenas 1% da Eslovénia possuir uma linha costeira, o Porto de Koper apresenta-se como um dos pontos mais importantes de fretes e transportes do norte do mar Adriático, sendo o maior contribuinte para a economia da cidade (GOLEA, 2019).



Figura 12 - Localização do município de Koper

Fonte: Wikipédia (2020b)

3.3.1 SITUAÇÃO ENERGÉTICA DO MUNICÍPIO

À semelhança do município de Guidonia Montecelio, o município de Koper aderiu também ao Pacto dos Autarcas da Comissão Europeia, comprometendo-se a reduzir as emissões de CO₂ em pelo menos 20% até ao ano de 2020. Através da adoção de um Plano de Ação de Energia Sustentável (ANTE), o município de Koper pretende reduzir as emissões totais de CO₂ em todo o seu território, aplicando medidas de eficiência energética no setor público, setor de habitação, setor terciário e setor dos transportes (GOLEA, 2019).

No período compreendido entre 2010 e 2020, foram definidas as metas do ANTE, das quais se destacam a redução de emissões totais de CO₂ em 61,1% para o setor dos edifícios públicos e equipamentos, 21,3% no setor da habitação, 12,7% no setor terciário e 23,4% no setor dos transportes. As principais intervenções estão relacionadas com a transição da utilização e consumo de combustíveis fósseis para outras fontes de energia renovável, e com a implementação de medidas de melhoria de eficiência energética através de parcerias com

empresas locais. De modo a implementar o ANTE, o município de Koper estimou um orçamento total de 9.686.773,47€ (GOLEA, 2019).

3.3.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO

Com o intuito de melhorar o desempenho energético, reduzir os custos energéticos e atingir uma redução significativa na utilização de energia primária em 31 edifícios públicos, o município de Koper lançou um concurso público a fim de selecionar uma ESE para realizar as intervenções necessárias. Apesar de não ter sido possível obter os valores envolvidos no contrato, o concurso foi ganho em 2012 pela empresa *Petrol d.d.*, cujas principais intervenções para melhorar a eficiência energética dos edifícios em questão foram a implementação de sistemas de gestão de energia, e a remodelação dos equipamentos de aquecimento e arrefecimento (bombas de calor e caldeiras de biomassa) (ENERJ, 2017).

3.3.3 CONTRATO E RESULTADOS

O contrato celebrado entre as partes envolvidas foi um CDE com a duração de 15 anos, no qual se esperava a obtenção uma redução de 3% na energia final utilizada para aquecimento. Para atingir a redução desejada, 70% dos edifícios deveriam ser equipados com bombas de calor ou caldeiras de pellets, sendo estes equipamentos a principal fonte aquecimento (ENERJ, 2017).

Ao abrigo de um contrato de poupança partilhada, o investimento foi financiado na totalidade pela empresa contratada, ficando previamente estipulado o direito do município de Koper a receber 10% da poupança total obtida. Se em algum período a poupança garantida for ultrapassada, o município recebe 50% do valor da poupança adicional.

A realização de todas as intervenções necessárias, uma boa gestão de energia e a aplicação de algumas medidas adicionais na envolvente técnica, além de gerarem uma diminuição de 24% na energia final para aquecimento, fizeram com que 53% da energia total necessária para aquecimento passasse a ser obtida através de fontes de energia renováveis. Assim, foi possível ao município de Koper obter uma redução anual de 100.000€ relativamente aos custos energéticos (ENERJ, 2017).

3.3.4 OBSERVAÇÕES

Quando foi iniciado em 2012, o projeto previamente exposto foi considerado o segundo maior projeto de economia de energia para um maior número de edifícios públicos na propriedade de um município na Eslovénia. No caso em questão, as metas estabelecidas pela entidade pública relativamente à redução do uso de energia, das emissões, dos custos e da modernização das fontes de aquecimento e de arrefecimento nos seus edifícios sem a realização de investimento, foram completamente satisfeitas. O facto de terem existido algumas dificuldades no primeiro ano de contrato no que se refere à relação entre a ESE e os utilizadores dos edifícios, e de grande parte das poupanças de energia derivarem de medidas de gestão energética, mostrou

que para se obterem os resultados pretendidos é essencial haver uma boa comunicação entre todas as partes envolvidas (ENERJ, 2017).

3.4 ESPANHA - MUNICÍPIO DE SANT GULAT DES VALLÈS

Situado na Catalunha, mais precisamente na comarca do Vallès Occidental, o Município de Sant Gulat des Vallès (Figura 13) dispõe de uma área de 48,2 km². Segundo o Instituto Nacional de Estatística de Espanha, a população do município atingiu em 2018 o valor de 90.664 habitantes, o que se traduz numa densidade populacional de 1880,9 hab/km².



Figura 13 - Localização do município Sant Gulat des Vallès

Fonte: Wikipédia (2020c)

3.4.1 SITUAÇÃO ENERGÉTICA

Com aproximadamente 7600 milhões de habitantes, o que representa 16% da população total de Espanha, a Catalunha possui um peso relevante no que toca aos consumos de energéticos do país.

No final de 2014, o consumo final de energia na Catalunha continuou a ser baseado no consumo de energias fósseis, dos quais se destacam o carvão, produtos petrolíferos e gás natural. Estes combustíveis representaram 66,1% do consumo final de energia desta região nesse ano, sendo que os produtos petrolíferos foram responsáveis por quase metade do consumo final de energia (44,4%). O setor dos transportes continua a ser o maior consumidor final de energia, representando 42,3% do consumo total, seguido pelo setor industrial (27,3%) e pelos setores domésticos e de serviços, que representam 15,1% e 12,2%, respetivamente (Generalitat de Catalunya, 2017).

Com o aumento da procura de eletricidade, a produção bruta de eletricidade aumentou significativamente na Catalunha ao longo dos últimos anos. Em 1990, a produção de eletricidade foi de 27.627,5 GWh, valor que aumentou para 43.841,7 GWh, o que representa uma subida de 58,7%. Durante este período, o desenvolvimento das energias renováveis foi

também notável, sendo que a quota destas fontes de energia aumentou de 11% em 1990 para 21,5% em 2014, principalmente devido ao desenvolvimento da energia eólica (Generalitat de Catalunya, 2017).

A produção energia elétrica através de fontes sustentáveis, como a energia eólica e a energia solar fotovoltaica, sofreu um aumento significativo a partir do ano de 2008, pois surgiram incentivos altamente favoráveis para a implementação destas práticas. No ano de 2012, com a abolição total dos incentivos económicos para novas instalações de energias renováveis, a implementação destas fontes de energia sustentável sofreu uma paragem quase total (Generalitat de Catalunya, 2017).

3.4.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO

Em 2013, o município de Sant Gualat des Vallès lançou um concurso público para a realização de intervenções de melhoria do desempenho energético e para a manutenção das instalações desportivas do Centro de Alto Rendimento de Sant Gualat des Vallès (CAR). Este conjunto de intervenções foi adjudicado a uma empresa de serviços energéticos (ESE) denominada *COMSA Service* pelo valor contratual de 3.184.347€, e incluiu a renovação energética das instalações, manutenção e monitorização dos consumos do CAR, e também a gestão das instalações. (LEITAT, 2015).

Em colaboração com os serviços técnicos do CAR e com o apoio do Instituto Catalão de Energia (ICAEN), a ESE realizou estudos do ponto de vista técnico, do ponto de vista energético e do ponto de vista objetivo, de modo a definir qual o conjunto de intervenções que otimizará o desempenho energético das instalações. Realizados os estudos, a empresa adjudicada implementou 15 medidas para melhorar a eficiência energética e a poupança de água nas instalações envolvidas (Generalitat de Catalunya, 2013).

3.4.3 CONTRATO E RESULTADOS

O contrato de desempenho energético celebrado entre as partes envolvidas tem como base um contrato de poupança partilhada, onde o financiamento de todas as melhorias e intervenções realizadas foi totalmente alocado à ESE, e no qual consta que a empresa garante uma poupança energética anual de 39%. Por sua vez, a duração do contrato foi fixada em 10 anos (LEITAT, 2015).

Antes da renovação, o centro desportivo possuía um sistema de aquecimento ineficiente, pois a eficiência das caldeiras era baixa, exigindo uma alta potência térmica para produzir água quente. O sistema de aquecimento do CAR era constituído por 10 caldeiras a gásóleo: 5 para aquecimento, 2 para água quente de torneiras, 1 para uma piscina de 25 metros e outras 2 para a piscina de 50 metros. O custo total de energia representava cerca de 735.000 €/ano, sendo o consumo de electricidade de 3.467.358 kWh/ano e o consumo térmico de 5.292.378 kWh/ano (LEITAT, 2015).

De modo a reduzir os consumos anteriormente referidos, a ESE realizou um investimento de 1.200.000 € para implementar 15 medidas de melhoria de eficiência energética e de poupança de água nas instalações em questão. No primeiro ano do contrato, foram implementadas as medidas de conservação de energia, das quais se destacam:

- Renovação da torre de arrefecimento;
- Substituição da iluminação;
- Substituição de caldeiras a diesel por caldeiras a gás natural;
- Instalação de um desumidificador de piscina;
- Implementação de um Sistema de Gestão de Edifícios;
- Sistema solar térmico com 96 painéis solares térmicos de vácuo, capaz de fornecer energia de aquecimento para as piscinas, aquecimento de espaços e pré-aquecimento de água quente doméstica.

A instalação solar térmica permitiu a remoção de duas caldeiras, e caso a produção solar garantida (1000 kWh/m²) não seja atingida, a ESE paga uma taxa de penalização que se encontra definida no contrato. Realizadas todas as intervenções, foi possível reduzir os consumos de eletricidade e os consumos térmicos para 3.203.683 kWh/ano e 2.229.070 kWh/ano, respetivamente (LEITAT, 2015).

Do ponto de vista ambiental, mais de 3326 MWh/ano são poupados devido à intervenção realizada no CAR, dos quais cerca de 10% devem-se exclusivamente à implementação do sistema solar térmico, e é evitada a emissão de 1036 toneladas de CO₂ por ano (LEITAT, 2015).

Do ponto de vista económico, mais de 296.000 €/ano são poupados devido à intervenção realizada e à implementação das medidas de eficiência e gestão energética. As receitas para a ESE relativamente ao centro desportivo são cerca de 93.000 €/ano, sendo que a poupança económica para o CAR (incluindo o pagamento à ESE) é de 13% (LEITAT, 2015).

Analisados os casos de estudo previamente mencionados e explorados, foi elaborada a Tabela 4, onde se encontram expostas as informações mais relevantes relativas a cada uma das situações.

Tabela 5 - Principais características dos CDE analisados

	Tipo de Contrato	Valor do Contrato	Duração do Contrato	Redução Anual do Consumo Energético	Redução das Emissões de CO ₂
Guidonia Montecelio (Iluminação Pública)	Poupança Partilhada	25.877.281€ (mais IVA)	20 anos	45%	
Guidonia Montecelio (Edifícios Públicos)	Poupança Partilhada	≈1.250.000€	15 anos	57%	410,9 ton/ano
Município de Koper (Edifícios Públicos)	Poupança Partilhada		15 anos	24% (100.000 €/ano)	
Sant Gualat des Vallès (CAR)	Poupança Partilhada	3.184.347€	10 anos	39% (296.000 €/ano)	1.036 ton/ano

3.5 PORTUGAL

Relativamente anos contratos de melhoria de eficiência energética em Portugal, observa-se que a sua aplicação está ainda numa fase algo prematura. Porém, algumas instituições públicas e empresas do setor privado começam a recorrer a empresas de serviços energéticos para melhorarem a eficiência energética das suas infraestruturas, principalmente no que diz respeito à iluminação.

Ao nível de edifícios e infraestruturas, foi recentemente instalada uma unidade de produção fotovoltaica de autoconsumo na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), que além de contribuir para a implementação de políticas sustentáveis de energia, permite também que haja uma redução dos custos relativos ao consumo de eletricidade. Apesar de não ter sido possível apurar o tipo de contrato e os valores envolvidos, os custos totais da obra executada pela empresa *DST Solar* foram suportados na sua totalidade por verbas do Santander, no âmbito de um protocolo com a Universidade do Porto. Estima-se que a unidade de produção fotovoltaica de autoconsumo produza 412 MWh (produção equivalente ao consumo de 260 habitações), permitindo uma poupança anual nos custos na ordem dos 50.000 €, e uma redução nas emissões de CO₂ equivalente a 82 toneladas por ano (FEUP, 2021).

Com o intuito de reduzir em cerca de 76,3% o consumo de energia de iluminação pública, o Município de Seia recorreu no início de 2021 a um contrato de gestão de eficiência energética para substituir a iluminação pública do conselho, e instalar um sistema de gestão e informação. O projeto foi adjudicado ao consórcio *HEN – Serviços Energéticos* pelo valor de 5.811.277,00€, com um prazo de projeto de 10 anos, sendo o investimento totalmente alocado à empresa de serviços energéticos. No contrato em questão, está estipulada uma repartição de economias de 87,50% para o consórcio e 12,5% para o Município de Seia, o que representa uma redução de

830.182,00€ durante o período do contrato. A redução do consumo energético anual pode ainda originar uma redução das emissões de CO₂ de cerca de 85%. (Município de Seia, 2021).

Além destes dos projetos previamente mencionados, encontram-se a ser executados projetos de melhoria de eficiência energética em diversas infraestruturas do setor privado, como é o caso da das empresas *Leroy Merlin* e *INVEPE*, que recorreram à empresa de serviços energéticos *Helexia* de modo a melhorarem a eficiência energética de algumas das suas infraestruturas, através da substituição dos seus sistemas de iluminação. Estas intervenções, realizadas ao abrigo de contratos de desempenho energético, permitiram a cada uma das empresas reduzir o seu consumo anual de eletricidade em cerca de 64%.

4 CASO DE ESTUDO

4.1 ENQUADRAMENTO

Neste capítulo, procede-se então à análise de um caso de estudo, que consiste numa escola pública que pretende diminuir a sua faturação de eletricidade anual. Para atingir esse fim, através de uma recolha de dados e de auditorias financeiras realizadas por três diferentes empresas, estuda-se a viabilidade económica e financeira da aplicação dos contratos de desempenho energético neste caso em específico, com o objetivo de verificar qual deles seria o mais vantajoso para ambas as partes envolvidas no contrato (escola pública e empresa prestadora de serviços energéticos).

4.2 ESCOLA BÁSICA 2º E 3º CICLOS DO CANIÇO – ILHA DA MADEIRA

A Escola Básica 2º e 3º Ciclos do Caniço situa-se na freguesia do Caniço, pertencente ao concelho de Santa Cruz, na Ilha da Madeira. Este estabelecimento de ensino, inaugurado a 29 de Setembro de 1999, serve uma população socialmente diversificada, com características rurais e suburbanas.

Ao longo dos anos, paralelamente ao crescimento da população da freguesia verificou-se um aumento de uma forma gradual e sistemática do número de alunos e pessoal docente e não docente na escola em questão. No ano letivo de 1999/2000 existiam 18 turmas, 406 alunos, 29 funcionários e 42 docentes, sendo que no ano letivo de 2020/2021 a escola abriu com 1172 alunos distribuídos por 56 turmas (48 no ensino diurno e 8 no ensino noturno), 145 docentes e 61 elementos de pessoal não docente.

Em 2004, foi construído um pavilhão gimnodesportivo junto à escola, o qual é atualmente utilizado pela comunidade escolar, e também por clubes pertencentes ao concelho de Santa Cruz. Juntamente com o pavilhão foi construído um parque de estacionamento coberto com uma capacidade total de 85 lugares. Em 2006, foi concluída a construção de um novo edifício adjacente ao já existente (Figura 14).



Figura 14 - Edifícios da Escola Básica 2º e 3º Ciclos do Caniço

Fonte: Google Maps (2021)

4.3 DESCRIÇÃO DOS EDIFÍCIOS EM ANÁLISE

4.3.1 EDIFÍCIO A

Inaugurado a 29 de Setembro de 1999, o Edifício A da Escola Básica 2º e 3º Ciclos do Caniço (Figura 15) acolhia cerca de 480 pessoas. O aumento da comunidade escolar levou a que no ano de 2002 este edifício sofresse algumas intervenções, sendo criada uma sala de música no terceiro piso, bem como balneários de apoio ao campo polidesportivo exterior. Atualmente, este edifício é constituído por 48 espaços.

Na Tabela 6 encontram-se discriminados todos os espaços pertencentes ao edifício em questão.



Figura 15 - Edifício A da Escola do Caniço

Tabela 6 - Espaços localizados no Edifício A

EDIFÍCIO A	
Quantidade	Designação do Espaço
2	Salas de Informática
2	Salas de Artes
1	Sala de Música
1	Biblioteca (composta por 2 espaços)
9	Salas de Aula (Área ≈ 60m ²)
4	Salas de Aula (Área ≈ 30m ²)
1	Laboratório de Física e Química
1	Laboratório de Ciências Naturais
1	Cantina
1	Cozinha
1	Sala de Serviços Administrativos
1	Sala de Conselho Executivo
1	Reprografia
1	Enfermaria
1	Sala de Trabalho para Professores
1	PBX
2	Salas de Estudo
1	Laboratório de Fotografia
1	Sala de Reuniões
1	Gabinete de Psicologia
2	WC's para Professores
4	WC's para Alunos
1	Sala de Funcionários
1	Gabinete para Funcionários
1	Lavandaria
1	Arquivo (Sótão)
1	Ginásio
3	Arrecadações

4.3.2 EDIFÍCIO B

Em 2006 foi inaugurado o Edifício B da Escola Básica 2º e 3º Ciclos do Caniço (Figura 16) de modo a satisfazer o aumento gradual da comunidade escolar ao longo dos anos. Constituído por 3 pisos, o Edifício B possui dois acessos diretos ao Edifício A, sendo um deles uma ponte coberta, e outro um acesso pedonal pertencente ao espaço de recreio dos alunos. Atualmente, este edifício é constituído por 35 espaços.



Figura 16 - Edifício B da Escola do Caniço

Na Tabela 7 encontram-se discriminados todos os espaços pertencentes ao edifício em questão.

Tabela 7 - Espaços localizados no Edifício B

EDIFÍCIO B	
Quantidade	Designação do Espaço
2	Salas de Informática
1	Auditório (capacidade para 100 pessoas)
1	Sala de Convívio de Alunos
1	Bar dos Alunos
1	Arrecadação
2	WC's adaptadas
1	Sala de Audiovisuais
1	Gabinete de Informática
1	Sala de Artes
10	Salas de Aula (Área ≈ 60m ²)
2	Salas de Aula (Área ≈ 30m ²)
1	Sala de Convívio de Professores
1	Bar de Professores
1	Gabinete para Educação Especial
6	WC's para Alunos
2	WC's para Professores
1	Sala para Alunos com Necessidades Especiais

4.3.3 CONSUMO DE ELETRICIDADE DA INFRAESTRUTURA

Atualmente, o fornecimento de energia elétrica aos edifícios do estabelecimento escolar está ao cargo da Empresa de Eletricidade da Madeira (EEM), sendo a faturação dividida em duas partes:

- Faturação do Pavilhão Gimnodesportivo;
- Faturação dos Edifícios A e B.

Para além de ser utilizado pela comunidade escolar, o pavilhão gimnodesportivo é usado por clubes alheios à escola para a prática de diversas modalidades, como o futsal, o basquetebol, etc. Posto isto, a escola e as respetivas entidades responsáveis chegaram a acordo para que as faturas energéticas do pavilhão e da escola fossem elaboradas separadamente.

Relativamente à infraestrutura escolar, os principais contribuidores para o consumo de energia elétrica são a iluminação dos espaços interiores e o funcionamento dos equipamentos elétricos, que se encontram discriminados na Tabela 8.

Tabela 8 - Equipamento elétricos da Escola do Caniço

EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS	
Quantidade	Designação do Equipamento
2	Máquinas de Café
2	Fornos Industriais
2	Vitrines Frigoríficas
3	Balcões Frigoríficos
4	Arcas Frigoríficas
5	Frigoríficos
1	Forno Elétrico
1	Batedeira
3	Termoacumuladores Pequenos
1	Máquina de Secar Roupa
1	Máquina de Lavar Roupa
2	Bombas de Água
1	Mufla
3	Microondas
2	Elevadores
4	Impressoras
5	Fotocopiadoras
20	Projetores
20	Quadros Interativos
175	Computadores

4.4 RECOLHA E TRATAMENTO DE DADOS

Sendo o principal objetivo deste documento averiguar qual dos diferentes tipos de Contratos de Desempenho Energético seria mais vantajoso para a melhoria de eficiência energética do caso de estudo em questão, foi primeiramente necessário proceder a uma recolha de dados para posterior análise.

Através de um contacto com o conselho executivo da escola em questão, foi possível obter as faturas de eletricidade mensais relativas aos períodos compreendidos entre dezembro de 2018 a novembro de 2019 (Tabela 9) e de dezembro de 2019 a novembro de 2020, sendo que devido ao facto de no ano de 2020 a escola ter fechado em virtude do confinamento originado pela pandemia Covid-19, esta faturação não foi considerada pois os resultados conseguidos através da sua análise iriam ser desvirtuados da realidade. Para além desta faturação, foram disponibilizadas 3 auditorias energéticas, os respetivos resultados e também as respetivas soluções, que passam pela colocação de painéis fotovoltaicos na cobertura da infraestrutura.

Concluída a recolha de dados, segue-se o estudo das propostas elaboradas por 3 entidades distintas, para posteriormente se proceder à análise das informações obtidas.

Tabela 9 - Faturação de eletricidade da Escola do Caniço

Faturação dezembro 2018 - novembro 2019	
Mês	Custo de Eletricidade (€)
Dezembro	2251,01
Janeiro	3136,30
Fevereiro	2940,70
Março	2825,46
Abril	2338,09
Maio	3390,52
Junho	2525,65
Julho	1910,95
Agosto	1448,13
Setembro	2510,50
Outubro	3426,72
Novembro	2821,21

4.5 AUDITORIAS ENERGÉTICAS E SOLUÇÕES PROPOSTAS - AREAM

Criada em 1993, a Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira (AREAM) consiste numa associação de direito privado, sem fins lucrativos, com reconhecimento de utilidade pública, cuja missão assenta na promoção do conhecimento, inovação e cooperação nos domínios da energia e do ambiente.

Em cooperação com o Governo Regional da Madeira, Municípios e partes interessadas no planeamento e na definição das políticas regionais na área da energia, ambiente e alterações climáticas, a AREAM procura sensibilizar e promover a alteração de comportamentos na utilização dos recursos naturais e na adoção de práticas mais sustentáveis. Paralelamente, a

associação desenvolve regularmente ações no domínio da eficiência energética, nomeadamente estudos, projetos de inovação e prestações de serviços, em especial para o setor residencial, hotelaria e serviços públicos.

4.5.1 ANÁLISE DO CONSUMO E FATURAÇÃO DE ELETRICIDADE

No domínio da eficiência energética, a AREAM realizou uma auditoria energética na Escola dos 2º e 3º Ciclos do Caniço, com o intuito de concluir se seria benéfico e viável implementar medidas que beneficiassem a escola, tanto a nível energético como a nível económico.

Através da análise das faturas de eletricidade compreendidas entre dezembro de 2018 e novembro de 2019, a AREAM obteve uma série de resultados, expostos e discriminados na Tabela 10.

Tabela 10 - Análise de consumo energético (AREAM)

	dez 2018 - nov 2019
Tarifário	BTE>41,4 kW Tetra-Horários
Potência contratada	83
Consumo de eletricidade (kWh)	157 621 kWh
Custo com energia ativa, s/iva (€)	18 918,00 €
Custo com energia reativa, s/iva (€)	-
Custo com potência horas de ponta, s/iva (€)	5 515,00 €
Custo com potência contratada, s/iva (€)	1 203,00 €
Outros custos (IECE, termo tarifário fixo, taxa de exploração, contribuição audiovisual) (€)	300,00 €
IVA (€)	5 698,00 €
Custo Total (€)	31 634,33 €

Observada a tabela anteriormente colocada, verifica-se que os encargos com a energia ativa representaram, em média, cerca de 1576 €/mês, e que a instalação no período analisado apresentou, em média, cerca de 460 €/mês com potência em horas de ponta. Além disso, verificou-se também que a instalação não apresentou custos com energia reativa.

No que diz respeito à faturação (Figura 17), são relevantes os pesos da energia ativa, 60% (18.918 €), da potência nas horas de ponta, 17% (5515 €), e da potência contratada, 4% (1203 €).

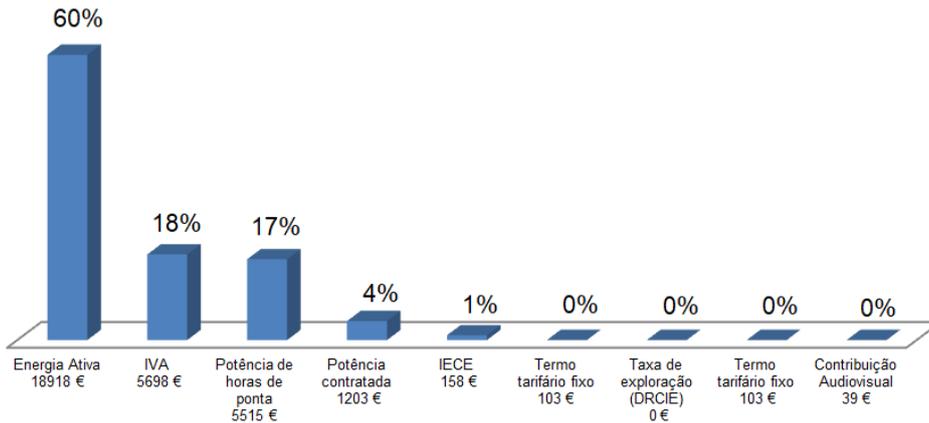


Figura 17 - Peso dos custos associados ao consumo de eletricidade da Escola do Caniço

4.5.2 ANÁLISE DE VIABILIDADE - INSTALAÇÃO DE UNIDADE FOTOVOLTAICA

Observando-se que os maiores consumos de energia elétrica ocorrem entre as 7h30 e as 19h00, verificou-se que existe potencial para a instalação de um sistema de painéis fotovoltaicos, pois o intervalo de tempo de maior consumo energético dos edifícios coincide com os períodos de maior produção por parte do sistema.

Considerando o facto de que a instalação teria de funcionar em períodos de tempo diferenciados, como por exemplo o período escolar em dias úteis, o período escolar em dias não úteis (férias) e os fins-de-semana, a AREAM definiu que a condição necessária para o sistema não produzir mais energia do que aquela que é consumida seria dimensionar o sistema solar fotovoltaico para a potência mínima apurada, que é cerca de 6kW.

Concluída a recolha e a análise dos dados, a AREAM estudou a viabilidade energética, económica e ambiental para a produção de energia em autoconsumo. No cálculo do investimento, foram considerados os custos de aquisição do equipamento para a colocação de sistemas solares fotovoltaicos. Estes sistemas, segundo os fabricantes, possuem uma durabilidade de 20 a 25 anos, durante a qual garantem regularmente o valor pretendido para a potência fornecida.

4.5.3 SOLUÇÃO PROPOSTA

Após a realização de todos os estudos de viabilidade, a AREAM sugeriu a instalação de um sistema solar fotovoltaico para autoconsumo, sem baterias, com uma potência nominal de 6 kW, que ocuparia uma área de cobertura compreendida entre 45-50 m², de um total de 500 m² disponíveis. Outra solução possível seria a instalação de um sistema idêntico com uma maior potência (entre 15kW-30kW), sabendo-se de antemão que em algumas situações do período escolar e não escolar poderia haver um excedente de energia produzida que teria de ser vendida à rede.

Além da implementação do sistema fotovoltaico, a AREAM verificou também que o custo de energia ativa poderia ser reduzido mediante a instalação de equipamentos mais eficientes, tal como a iluminação LED em salas e outros espaços, e que a hipótese de utilizar painéis solares térmicos para reduzir o consumo de energia para água quente também deve ser investigada.

A adoção da solução proposta possibilita uma redução nos custos energéticos da fatura de eletricidade. A Figura 18 apresenta a comparação entre o consumo total de energia elétrica entre dezembro de 2018 e novembro de 2019, e a produção estimada do sistema fotovoltaico.

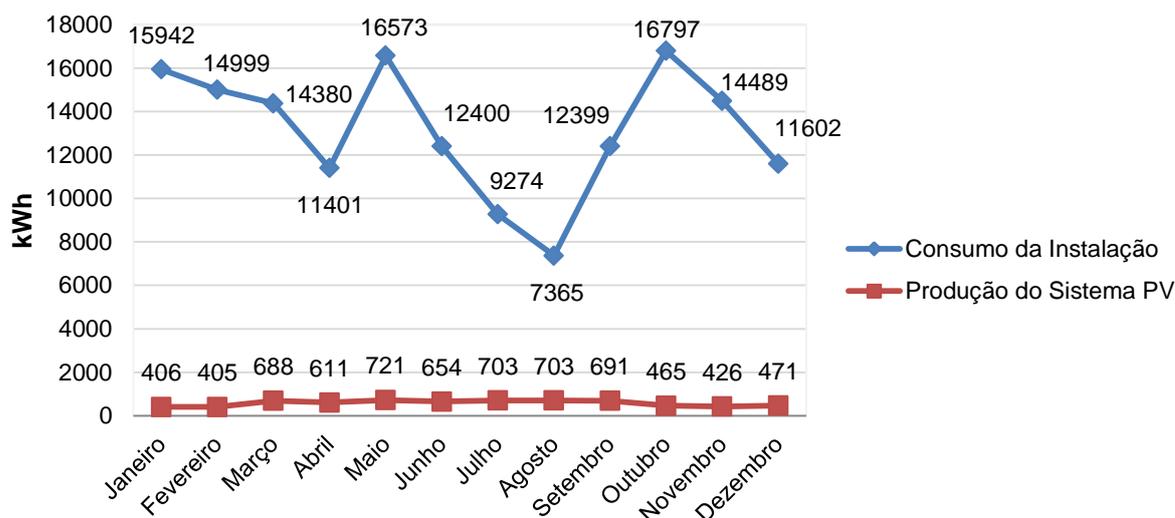


Figura 18 - Consumo total de energia elétrica vs Produção estimada pelo sistema fotovoltaico

Por sua vez, na Tabela 11 é possível comprovar o resumo do estudo de viabilidade económica e impacto ambiental da instalação do sistema. O custo padrão considerado para o sistema PV foi de 1700 €/kW, sendo que os preços praticados pelos distribuidores podem ser inferiores aos considerados na análise da AREAM. O fator de emissão de CO₂ de eletricidade evitada corresponde a 0,426 kg/kWh (segundo a EEM em 2018), e o custo médio considerado para a energia evitada foi de 0,1787 €/kWh.

Tabela 11 - Resultados obtidos através da solução proposta pela AREAM

Poupança de Energia Ativa			Emissões de CO ₂ Evitadas	Investimento Inicial (€)	Período de Retorno Simples (anos)
[kWh/ano]	[%]	[€/ano]	[kg/ano]		
6218	4%	1111	2649	10200	9,18

4.6 AUDITORIAS ENERGÉTICAS E SOLUÇÕES PROPOSTAS – RC AUTOMAÇÃO

4.6.1 CONSUMO DE ELETRICIDADE

Fundada em 2010, a RC Automação é uma empresa que atua no mercado dos sistemas de automação, sistemas de domótica, equipamentos industriais e quadros elétricos. A empresa em questão foi contactada pela Escola Básica dos 2º e 3º Ciclos do Caniço para a elaboração

de uma auditoria energética, de modo a verificar se seria ou não viável a instalação de equipamentos energéticos para reduzir a faturação da eletricidade da sua infraestrutura.

Para caracterizar o consumo eléctrico da instalação em questão, a empresa colocou equipamentos de análise de energia na infraestrutura escolar, e concluiu através da faturação de eletricidade que a instalação possui o tarifário BTE (Baixa Tensão Especial), que é a classificação tarifária utilizada para fornecimentos de baixa tensão com potência contratada superior ou igual a 41,4 kW.

A instalação dos equipamentos de medição permitiu à empresa obter o consumo diário que é um dado essencial para verificar a viabilidade da instalação de um sistema fotovoltaico de autoconsumo. A obtenção deste parâmetro permite também que seja efetuada uma melhor simulação de potência, que conseqüentemente possibilita um pré-dimensionamento da instalação com maior exatidão.

Deste processo, a RC Automação comprova que os principais consumidores da instalação são a iluminação da escola e todos os equipamentos necessários para o seu bom funcionamento, e que esta característica é praticamente semelhante durante todos os dias da semana.

4.6.2 ANÁLISE DO CONSUMO E FATURAÇÃO ENERGÉTICA

Através da análise para um dia, e sabendo que o tarifário em questão é o BTE e que o consumo é muito semelhante diariamente, a empresa prestadora de serviços chegou a uma fatura média mensal de 2100,47 € mais IVA. Nesta análise foram considerados os 30 dias da fatura, dos quais 23 como dias de trabalho e 7 como fins-de-semana (Tabelas 12 e 13).

Tabela 12 - Análise "um dia" no Inverno (RC Automação)

BTE	BTE	Energia de Horas de Ponta	Energia de Horas Cheias	Energia de Horas de Vazio	Energia de Horas de Super Vazio
	kWh/dia	108	231	56	14
	kW/mês	3250	6933	1677	415
	Valor Mensal (€)	478,73	881,21	140,03	30,72
Total (€)					1530,69
BTE Reativa					
Valor Mensal (€)					0
Total (€)					0
BTE Potência de Ponta					
Valor/dia					27
Total (€)					527,39
BTE Potência Contratada					
Total (€)					100,6
BTE TOTAL DA FATURA (€)					2158,67

Tabela 13 - Análise "um dia" no Verão (RC Automação)

BTE	BTE	Energia de Horas de Ponta	Energia de Horas Cheias	Energia de Horas de Vazio	Energia de Horas de Super Vazio
	kWh/dia	88	252	56	14
	kW/mês	2626	7557	1677	415
	Valor Mensal (€)	384,25	960,46	140,03	30,72
Total (€)				1515,45	
BTE Reativa					
Valor Mensal (€)				0	
Total (€)				0	
BTE Potência de Ponta					
Valor/dia				22	
Total (€)				426,21	
BTE Potência Contratada					
Total (€)				100,6	
BTE TOTAL DA FATURA (€)				2042,26	

4.6.3 ANÁLISE DE VIABILIDADE - INSTALAÇÃO DE UNIDADE FOTOVOLTAICA

Após analisar o consumo de energia elétrica da escola, a RC Automação procedeu a uma simulação de instalação fotovoltaica na cobertura da infraestrutura escolar. Nesta simulação, foram consideradas duas possibilidades de potência para a instalação, sendo uma delas de 30 kW (a instalar na cobertura do edifício principal), e a outra de 45 kW (a instalar na cobertura dos edifícios principal e secundário). No total, a área de cobertura ocupada seria de 300 m² de um total de 500 m² disponíveis, e não havendo obstruções ao sol, foi considerada uma inclinação de 30° SE para os painéis. Para aplicar esta instalação, teriam de ser considerados novos caminhos de cabos desde a cobertura até ao piso térreo, no qual teria de existir um quadro concentrador de todas as *strings*.

Para executar a simulação, foi necessária a introdução dos dados relativos à instalação já existente na escola, e principalmente a característica de consumo da mesma.

4.6.3.1 Simulação para 30 kW

Feita a simulação para uma unidade de 30 kW verifica-se que, se todos os dias fossem de céu aberto, iria-se obter um autoconsumo suficiente e excedente para toda a carga entre as 10h e 20h. Como este fenómeno não é verificado todos os dias, é considerada a produção média da instalação, que na simulação em questão produz uma quantidade equivalente a 44.290 kW/ano para esta instalação e potência.

Através do gráfico de consumos da instalação e produção de energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos (Anexo 1), verifica-se que o maior pico de consumo da instalação ocorre praticamente quando se inicia a produção de energia solar, o que se revela como uma característica favorável para o autoconsumo.

Com os dados obtidos, foram elaboradas as Tabelas 14 e 15, nas quais se pode comprovar a diferença de faturação mensal antes e depois da instalação dos painéis fotovoltaicos.

Tabela 14 - Poupança estimada com autoconsumo 30kW (Verão)

		Energia de Horas de Ponta	Energia de Horas Cheias	Energia de Horas de Vazio	Energia de Horas de Super Vazio	Total (€)
Sem Auto-Consumo	BTE (€/mês)	478,73	881,21	140,03	30,72	1530,69
	BTE Potência de Ponta (€/mês)					527,39 €
	BTE Potência Contratada (€/mês)					100,60
	TOTAL					2158,67
Com Auto-Consumo	BTE (€/mês)	355,64	521,01	140,03	30,72	1047,38
	BTE Potência de Ponta (€/mês)					391,79
	BTE Potência Contratada (€/mês)					100,60
	TOTAL					1539,77

Tabela 15 - Poupança estimada com autoconsumo 30kW (Inverno)

		Energia de Horas de Ponta	Energia de Horas Cheias	Energia de Horas de Vazio	Energia de Horas de Super Vazio	Total (€)
Sem Auto-Consumo	BTE (€/mês)	384,25	960,46	140,03	30,72	1515,45
	BTE Potência de Ponta (€/mês)					426,21
	BTE Potência Contratada (€/mês)					100,60
	TOTAL					2042,26
Com Auto-Consumo	BTE (€/mês)	301,53	596,88	140,03	30,72	1069,15
	BTE Potência de Ponta (€/mês)					334,45
	BTE Potência Contratada (€/mês)					100,60
	TOTAL					1504,2

Adotando esta solução, e tendo em conta o valor médio entre estes dois períodos, a poupança mensal seria de 578,48 €/mês, e o retorno do investimento, considerando compra direta, seria de 5,1 anos.

4.6.3.2 Simulação para 45 kW

Feita a simulação para uma unidade de 45 kW verifica-se que, se todos os dias fossem de céu aberto, iria-se obter um autoconsumo suficiente e excedente para toda a carga entre as 10h e 20h. Como este fenómeno não é verificado todos os dias, é considerada a produção média da instalação, que na simulação em questão produz uma quantidade equivalente a 66.436 kW/ano para esta instalação e potência.

Através do gráfico de consumos da instalação e produção de energia elétrica através dos painéis fotovoltaicos (Anexo 1), verifica-se que o sistema está sobredimensionado em termos de potência, existindo um excesso de energia que será apenas desperdício, podendo futuramente ser vendido à rede. Este excesso representa um desperdício de 1139 kW/ano (cerca de 1,7%) dos 66.436 kW/ano produzidos.

Com os dados obtidos, foram elaboradas as Tabelas 16 e 17, nas quais se pode comprovar a diferença de faturação mensal antes e depois da instalação dos painéis fotovoltaicos.

Tabela 16 - Poupança estimada com autoconsumo 30kW (Verão)

		Energia de Horas de Ponta	Energia de Horas Cheias	Energia de Horas de Vazio	Energia de Horas de Super Vazio	Total (€)
Sem Auto-Consumo	BTE (€/mês)	478,73	881,21	140,03	30,72	1530,69
	BTE Potência de Ponta (€/mês)					527,39 €
	BTE Potência Contratada (€/mês)					100,6
	TOTAL					2158,67
Com Auto-Consumo	BTE (€/mês)	294,09	352,85	140,03	30,72	817,68
	BTE Potência de Ponta (€/mês)					323,99
	BTE Potência Contratada (€/mês)					100,60
	TOTAL					1242,27

Tabela 17 - Poupança estimada com autoconsumo 45kW (Inverno)

		Energia de Horas de Ponta	Energia de Horas Cheias	Energia de Horas de Vazio	Energia de Horas de Super Vazio	Total (€)
Sem Auto-Consumo	BTE (€/mês)	384,25	960,46	140,03	30,72	1515,45
	BTE Potência de Ponta (€/mês)					426,21
	BTE Potência Contratada (€/mês)					100,60
	TOTAL					2042,26
Com Auto-Consumo	BTE (€/mês)	260,23	425,58	140,03	30,72	856,55
	BTE Potência de Ponta (€/mês)					288,65
	BTE Potência Contratada (€/mês)					100,6
	TOTAL					1245,79

Adotando esta solução, e tendo em conta o valor médio entre estes dois períodos, a poupança mensal seria de 856,44 €/mês, e o retorno do investimento considerando compra direta seria de 5,09 anos.

Das duas soluções estudadas, a mais favorável em termos de retorno do investimento e de percentagem de aproveitamento de autoconsumo é a de 45 kW.

4.6.4 SOLUÇÕES PROPOSTAS

4.6.4.1 Solução para 30 kW

Com a implementação da solução proposta (UPAC de 30 kW) a poupança mensal será de 578,48 €, ou 6941,78 € por ano. Esta poupança representa uma redução em termos percentuais de 27,5%.

Além da poupança monetária, a adoção desta solução é também significativa para o meio ambiente, pois representa mais um passo para o desenvolvimento sustentável do país e para a redução da pegada ecológica a nível mundial. Posto isto, em termos ecológicos a solução contribui positivamente com os seguintes valores ambientais:

- Toneladas equivalentes de petróleo poupado (TEP): 3,54;
- Toneladas de emissão de CO₂ reduzidas: 17,48.

O valor para a UPAC de 30 kW é de 35.410,35 € + IVA. Com este investimento, e com a poupança anual de 6941,78 €, obtém-se um retorno de investimento de 5,1 anos.

Considerando que o preço base da eletricidade não sofrerá alterações muito significativas ao longo dos anos, no final da vida útil recomendada dos painéis verifica-se um total cumulativo do fluxo de caixa na ordem dos 103.425,00 €.

4.6.4.2 Solução para 45 kW

Com a implementação da solução proposta (UPAC de 45 kW) a poupança mensal será de 856,44 €, ou 10.277,23 € por ano. Esta poupança representa uma redução em termos percentuais de 40,8%.

Além da poupança monetária, a adoção desta solução é também significativa para o meio ambiente, pois representa mais um passo para o desenvolvimento sustentável do país e para a redução da pegada ecológica a nível mundial. Posto isto, em termos ecológicos a solução contribui positivamente com os seguintes valores ambientais:

- Toneladas equivalentes de petróleo poupado (TEP): 5,30;
- Toneladas de emissão de CO₂ reduzidas: 26,22.

O valor para a UPAC de 45 kW é de 52.265,21 € + IVA. Com este investimento, e com a poupança anual de 10.277,23 €, obtém-se um retorno de investimento de 5,09 anos.

Considerando que o preço base da eletricidade não sofrerá alterações muito significativas ao longo dos anos, no final da vida útil recomendada dos painéis verifica-se um total cumulativo do fluxo de caixa na ordem dos 153.279,00 €.

4.7 AUDITORIAS ENERGÉTICAS E SOLUÇÕES PROPOSTAS – FACTOR ENERGIA

Criada em 2007 por uma equipa jovem e empreendedora, a Factor Energia é uma empresa direcionada para a implementação de soluções de eficiência energética, dando particular importância à redução dos grandes consumos dos motores de indução e iluminação industrial.

Em 2010, o crescimento da empresa deveu-se maioritariamente à comercialização de soluções chave na mão para venda de energia à rede pública, tendo sido qualificada como ESE em Março de 2013. Desde então, a empresa tem como um dos seus principais objetivos contribuir para a redução dos consumos energéticos e respectivas emissões de CO₂ para a atmosfera, com o lema de que se não houver investimento na redução dos consumos, esse montante será direcionado para cobrir os custos mensais acrescidos de energia.

4.7.1 CONSUMO E FATURAÇÃO DE ELETRICIDADE

A Escola Básica dos 2º e 3º Ciclos do Caniço, com o intuito de reduzir a sua faturação energética, recorreu à empresa Factor Energia, que primeiramente realizou uma auditoria energética às instalações escolares. Posteriormente à realização da auditoria e à análise dos respetivos dados, a empresa obteve os resultados que se encontram discriminados na Tabela 18.

.Tabela 18 - Resultados da auditoria energética (Factor Energia)

Localização	Caniço
Consumo Anual de Eletricidade (kWh)	158.618,71
Tarifa BTE Tetra - Horário Vazio Normal s/IVA (€/kWh)	0,00734
Tarifa BTE Tetra - Horário Super Vazio s/IVA (€/kWh)	0,0652
Tarifa BTE Tetra - Horário Ponta s/IVA (€/kWh)	0,1221
Tarifa BTE Tetra - Horário Cheia s/IVA (€/kWh)	0,1047
Aumento Estimado de Eletricidade (%)	3
Tipo de Contador	Digital

4.7.2 APRESENTAÇÃO DE PROPOSTA

Ao contrário das empresas anteriormente mencionadas, a Factor Energia não apresentou um relatório relativo à auditoria, conseguindo-se apenas obter um resumo dos trabalhos relativos à auditoria energética e à solução a adotar.

Posto isto, para a infraestrutura escolar em questão, a empresa sugeriu a colocação de uma unidade fotovoltaica de autoconsumo com cerca de 170 painéis, os quais iriam atingir uma produção anual estimada de 69.248 kWh, originando conseqüentemente uma poupança anual na fatura energética de aproximadamente 7545 € (Tabela 19).

Tabela 19 - Solução de autoconsumo apresentada pela Factor Energia

Potência Fotovoltaica (kW)	52,7
Número de Módulos	170
Potência por módulo (W)	310
Área Disponível (m ²)	600
Área Necessária (m ²)	289
Produção Anual Estimada (kWh)	69.248
Poupança Anual da Fatura de Autoconsumo (€)	7541,98
Energia Produzida Autoconsumida (%)	44
Energia Consumida da Rede (%)	56

Observando a Figura 19, é possível comparar o consumo energético com a produção da unidade de autoconsumo, verificando-se que o mês de agosto seria o único mês onde a produção seria superior ao consumo. O custo estimado da solução proposta é de 40.628,02 €, que iria permitir uma redução de 44% na fatura energética anual.

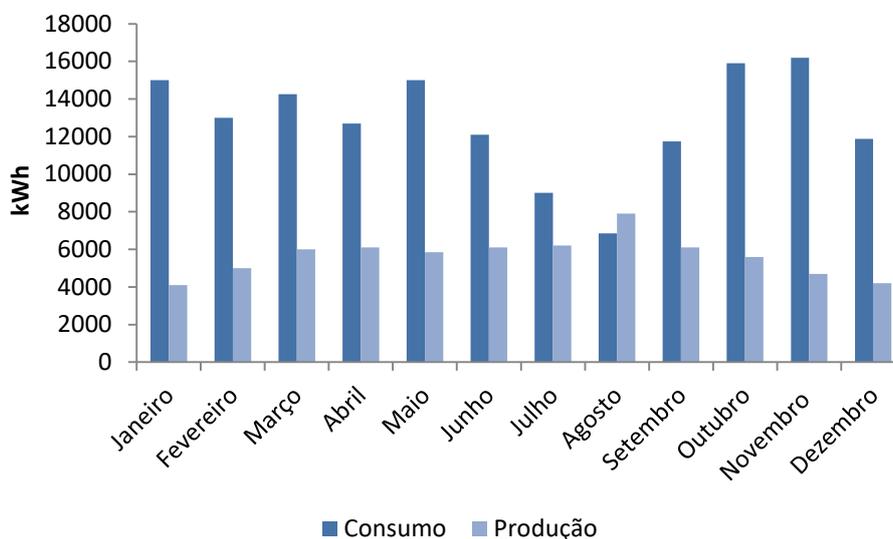


Figura 19 - Consumo energético vs Produção unidade de autoconsumo

4.7.3 COMPARAÇÃO DAS PROPOSTAS

Seguidamente apresenta-se a Tabela 20 que resume as principais características e vantagens resultantes das soluções propostas pelas três entidades mencionadas ao longo deste capítulo.

Da análise da tabela, observa-se que a solução proposta pela AREAM produz uma poupança anual de apenas 1111€, o que corresponde em percentagem a uma poupança energética anual de apenas 3,52%. Optando por esta solução, seria muito difícil tanto para a Escola do Caniço como para a AREAM atingirem resultados satisfatórios do ponto de vista económico.

As restantes soluções apresentadas, tanto pela empresa RC Automação como pela empresa Factor Energia, garantem todas poupanças anuais de energia superiores a 20%, para períodos contratuais muito próximos, de cerca de 5 anos. As soluções de 45kW e de 52,7kW produzem

um excedente de potência que se traduz num desperdício energético, o qual poderá ou não ser vendido à rede.

Tabela 20 - Comparação das soluções apresentadas pelas ESE

		Área de Cobertura Ocupada (m ²)	Poupança Anual (€)	Investimento Inicial s/IVA(€)	Período de Retorno (anos)	Redução de Emissões CO ₂ (ton/ano)
AREAM	Solução de 6 kW	45 a 50	1111,00	10200,00	9,1	10,20
RC AUTOMAÇÃO	Solução de 30 kW	≈ 300	6941,78	35410,35	5,1	17,48
	Solução de 45 kW	≈ 300	10277,23	52265,21	5,09	26,22
FACTOR ENERGIA	Solução de 52,7 kW	289	7541,98	40628,02	5,39	

5 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

5.1 AVALIAÇÃO DE PROJETOS

A avaliação de projetos de investimento surge previamente e como base para a análise de sensibilidade, consistindo na análise do retorno do investimento face à impossibilidade de conhecer com exatidão o tipo de remuneração que os recursos aplicados no presente irão gerar através dos fluxos de caixa no futuro (Luheto, 2018). Esta avaliação está diretamente ligada a um conjunto de critérios que permitem examinar a sua viabilidade económica e financeira.

Devido ao facto de partirem de uma recolha e análise de informação que permitem conhecer melhor o projeto a concretizar, os estudos de viabilidade económica e financeira revelam-se como sendo fundamentais para avaliar se a relação custos/benefícios de um determinado projeto de investimento é ou não favorável para os seus intervenientes. Assim, estes estudos devem ser fundamentados através de estudos de mercado, estudos técnicos, simulações de diferentes cenários, etc. (Luheto, 2018).

Para que haja uma boa tomada de decisões relativamente à viabilidade económica e financeira de projetos de investimento, deve-se ter em consideração critérios de análise com base na atualização financeira, dos quais se destacam o Valor Atual Líquido (VAL) e a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR), que resultam de cálculos realizados com base nos fluxos de caixa, representados pelas receitas e despesas anuais atualizadas ao longo do horizonte do projeto (Luheto, 2018)

Na elaboração dos fluxos de caixa, a consideração da taxa de atualização (r) apresenta-se como um fator de elevada importância na verificação da capacidade de criação de valor do projeto (Megre, 2013). Esta taxa é calculada segundo a expressão que se segue (Equação 1), sendo T_1 a taxa de inflação, T_2 o prémio anual de risco e T_3 a taxa de juro sem risco.

$$r = [(1 + T_1) * (1 + T_2) * (1 + T_3)] - 1 \quad (1)$$

Os critérios que se fundamentam na técnica da atualização financeira revelam-se assim como uma mais-valia na avaliação de projetos de investimento, pois consideram o valor temporal do dinheiro.

Do ponto de vista dos investidores, o critério de avaliação mais utilizado é o VAL, pois este indica a verdadeira riqueza originada pelo projeto considerando o valor temporal do dinheiro. Este valor é obtido através do somatório dos custos financeiros atualizados líquidos (Equação 2).

$$VAL = \sum_{t=0}^n \text{Custos Financeiros Atualizados Líquidos} = \sum_{t=0}^n \frac{CF}{(1+r)^t} \quad (2)$$

Na expressão anteriormente exposta, CF representa os custos financeiros líquidos, r representa a taxa de atualização e t representa o tempo.

Obter um valor superior a zero para o VAL significa que os fluxos de caixa considerados cobrem, entre outros fatores, o investimento inicial e os custos de exploração. Assim sendo, para aceitação de projetos de investimento é necessário que da Equação (2) surja um VAL positivo. No caso de se ter de optar por diferentes projetos, é preferível escolher o que possuir o maior VAL, e rejeitar os que tiverem associados a VALs negativos (Abecassis e Cabral, 2000).

Por outro lado, a TIR revela-se como sendo a remuneração máxima que o projeto de investimento pode conceder aos investidores, sem colocar em causa a cobertura do investimento inicial, e é calculada igualando a equação do VAL a zero, e resolvendo-a em ordem à taxa de atualização (Barros, 2002). Se a TIR calculada for igual ou superior à taxa de atualização utilizada, considera-se que o projeto de investimento é aceitável.

Obtendo-se uma TIR superior à taxa de atualização, verifica-se que o projeto analisado é criador de riqueza em termos percentuais, não sabendo porém qual o valor dessa riqueza. Já num projeto com VAL positivo, é possível verificar que o projeto é rentável e qual o valor monetário gerado (Luheto, 2018).

Assim, visto que o VAL permite apurar efetivamente o valor financeiro que o projeto gera, pelo que deverá ser dada maior importância a este indicador aquando da avaliação do investimento.

5.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Com o intuito de verificar se os contratos de desempenho energético são económica e financeiramente viáveis tanto para o cliente como para a ESE, procedeu-se a uma análise de sensibilidade que teve como suporte as informações e resultados obtidos através do estudo das propostas elaboradas pelas três entidades mencionadas no subcapítulo anterior.

A análise de sensibilidade estuda o impacto que a alteração de um parâmetro de entrada (*input*) pode originar nos resultados finais (*outputs*). A identificação das variáveis que determinam o sucesso do projeto revela-se bastante útil para a minimização dos riscos associados ao projeto, pois permite reduzir a incerteza associada aos mesmos (Luheto, 2018).

Definidos e analisados os parâmetros de entrada críticos e com maior peso para a criação de valor do projeto, procede-se à realização e análise de simulações de modo a verificar o impacto que estes parâmetros têm sobre a criação de valor do investimento. Este impacto é demonstrado através do VAL e da TIR (Soares et al., 1999)

Apesar de a análise de sensibilidade ser uma ferramenta que dá garantias a quem a utiliza, esta pode ainda ser complementada com uma análise de cenários, os quais podem ser otimistas ou pessimistas, originando uma obtenção de resultados mais abrangente.

5.2.1 DEFINIÇÃO DE VARIÁVEIS E PARÂMETROS DE ENTRADA

De modo a ser efetuada a análise de sensibilidade é primeiramente necessário definir as variáveis envolvidas e os parâmetros de entrada críticos, para posteriormente ser possível executar as simulações que permitem a obtenção do VAL e da TIR.

5.2.1.1 Taxas de Atualização, Inflação, Juro Sem Risco e Prémio de Risco

Relativamente à taxa de atualização (r), esta foi calculada através da equação (1). Para a taxa de inflação (T_1), e com base em dados disponibilizados pela Caixa Geral de Depósito, considerou-se o valor de inflação em Março de 2021 para a Área Euro, que corresponde a 1,3%. Para o prémio de risco (T_2) e taxa de juro sem risco (T_3), foram considerados os valores de 1% e 4%, respetivamente. Colocados os três valores definidos na equação (1) obtém-se para a taxa de atualização o valor de 6,2%. O valor obtido será posteriormente utilizado para o cálculo dos custos financeiros atualizados.

5.2.1.2 Parâmetros de Entrada

Através da pesquisa efetuada para a elaboração do estado de arte, e através da análise das aplicações de Contratos de Desempenho Energéticos, foi possível a definição dos parâmetros de entrada mais críticos para a elaboração da análise de sensibilidade, sendo estes a duração do contrato e a poupança energética anual.

Nos três tipos de CDE estudados (Poupança Garantida, Poupança Partilhada e First-Out Contracts), a duração contratual revela-se como um fator crítico tanto para o cliente como a empresa de serviços energéticos, pois está diretamente ligada às receitas obtidas pelas duas entidades envolvidas. No caso da Poupança Garantida, onde o cliente é responsável pelo financiamento do projeto, se a extensão do contrato for mais curta, o cliente fica responsável pela manutenção dos painéis por um intervalo de tempo mais extenso, que termina no final da vida útil dos painéis fotovoltaicos. A duração do contrato tem um peso ainda mais acentuado no que diz respeito à Poupança Partilhada, pois as receitas tanto da ESE como do cliente são obtidas através da poupança energética. Neste caso, quanto maior ou menor for o período contratual, maiores ou menores serão as receitas obtidas pelos intervenientes. No caso dos First Out Contracts, a duração é um parâmetro importante que, contudo, não pode ser definido à priori, estando diretamente ligado à poupança de energia obtida anualmente pela ESE.

A poupança energética anual revela-se como sendo o parâmetro de entrada mais crítico relativamente à análise de sensibilidade de contratos de eficiência energética, pois os benefícios das ESE e dos clientes, em todos os tipos de contrato estudados, dependem diretamente deste parâmetro.

Posto isto, com base nas aplicações de contratos de desempenho energético estudados anteriormente, observou-se que os períodos contratuais variam entre 10 e 20 anos para grandes infraestruturas. Nas auditorias energéticas realizadas ao objeto de estudo em questão, (Escola Básica dos 2º e 3º Ciclos do Caniço), as durações contratuais encontram-se

compreendidas entre 5 e 10 anos. Conjugando os dados de ambos os estudos, definiram-se as durações de 5, 10 e 15 anos para a análise de sensibilidade relativa à implementação de painéis fotovoltaicos na Escola do Caniço.

Para a definição dos valores de poupança energética anual teve-se apenas em conta os valores apresentados pelas auditorias energéticas realizadas à infraestrutura em questão. Observando-se que a poupança energética está compreendida no intervalo de 10% - 25%, definiram-se para a análise de sensibilidade em questão os valores de 15%, 20% e 25% para a poupança energética anual obtida pela solução instalada na cobertura da escola. Multiplicando estas percentagens pela faturação anual de eletricidade da escola, obtêm-se os valores de 4728,79€ para uma poupança de 15%, de 6305,05€ para uma poupança de 20% e de 7881,31€ para uma poupança de 25%.

5.2.1.3 Solução Adotada

Do estudo das auditorias energéticas realizadas à escola, observa-se que as soluções de autoconsumo propostas variam entre os 6kW e os 52,7kW. Posto isto, optou-se por considerar a solução intermédia que corresponde a um autoconsumo de cerca de 30kW. Segundo a empresa RC Automação, para se atingir a potência desejada é necessária a instalação de 90 painéis de 330W, o que perfaz no total um custo de 36.000€, sendo que neste valor está incluída a manutenção dos painéis (375€ por semestre). Assim sendo, considerou-se ainda para análise de sensibilidade uma margem de lucro para a ESE de 15%, fixando-se assim um valor total de 41.400€ para a implementação da solução de 30kW.

5.2.2 CONTRATO DE POUPANÇA GARANTIDA

Nos Contratos de Poupança Garantida, o cliente é totalmente responsável pelo investimento, enquanto a ESE fica responsável por garantir o nível de poupança energética definida no contrato. Neste caso, a ESE recebe o valor total (41.400€) no ano 0, recuperando logo à partida o investimento para a implementação da solução, bem como a sua percentagem de lucro, verificando-se assim à priori que para a ESE este tipo de contrato será sempre bastante vantajoso a nível financeiro e económico, não sendo necessário por isso estudar a VAL e a TIR.

O mesmo não acontece do lado do cliente, pois este tem de realizar um investimento avultado no ano 0, e esperar que a ESE consiga atingir os níveis de poupança a que se predispôs no contrato, incorrendo assim num risco elevado. Assim, é necessária a realização da análise de sensibilidade para averiguar se o contrato de eficiência energética será ou não vantajoso para o cliente.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – POUPANÇA GARANTIDA

Tabela 21 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (5 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (15%) (€)	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79
Pagamento à ESSE (€)	-41400																			
Custo Anual de Manutenção (€)						-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725
CF (€)	-36671,21	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79
CF Atualizados (€)	-36671,21	4452,72	4192,77	3947,99	3717,51	2963,80	2790,77	2627,84	2474,43	2329,97	2193,95	2065,86	1945,26	1831,69	1724,76	1624,07	1529,25	1439,97	1355,91	1276,75
CF Atualizados Acumulados (€)	-36671,21	-32218,49	-28025,72	-24077,73	-20360,22	-17396,42	-14605,65	-11977,80	-9503,37	-7173,40	-4979,45	-2913,59	-968,33	863,36	2588,12	4212,18	5741,43	7181,41	8537,32	9814,06

Tabela 22 - VAL e TIR (Poupança Garantida) – Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	9 814,06 €
TIR	3%

Tabela 23 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (5 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (20%) (€)	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
Pagamento à ESE (€)	-41400																			
Custo Anual de Manutenção (€)						-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725
CF (€)	-35094,95	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05
CF Atualizados (€)	-35094,95	5936,96	5590,36	5263,99	4956,68	4130,62	3889,48	3662,41	3448,59	3247,26	3057,69	2879,18	2711,09	2552,82	2403,78	2263,45	2131,31	2006,88	1889,72	1779,39
CF Atualizados Acumulados (€)	-35094,95	-29157,99	-23567,63	-18303,65	-13346,97	-9216,35	-5326,87	-1664,47	1784,13	5031,39	8089,08	10968,25	13679,34	16232,16	18635,94	20899,39	23030,69	25037,57	26927,29	28706,68

Tabela 24 - VAL e TIR (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	28 706,68 €
TIR	9%

Tabela 25 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (5 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (25%) (€)	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
Pagamento à ESE (€)	-41400																			
Custo Anual de Manutenção (€)						-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725
CF (€)	-33518,69	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31
CF Atualizados (€)	-33518,69	7421,20	6987,94	6579,98	6195,84	5297,45	4988,18	4696,97	4422,76	4164,55	3921,43	3692,49	3476,92	3273,94	3082,80	2902,83	2733,36	2573,79	2423,53	2282,04
CF Atualizados Acumulados (€)	-33518,69	-26097,49	-19109,55	-12529,57	-6333,72	-1036,28	3951,90	8648,87	13071,62	17236,18	21157,60	24850,10	28327,02	31600,96	34683,76	37586,59	40319,95	42893,73	45317,26	47599,30

Tabela 26 - VAL e TIR (Poupança Garantida) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	47 599,30 €
TIR	15%

Nas Tabelas 21, 23 e 25, é possível observar a análise de sensibilidade efetuada para o contrato de Poupança Garantida com uma duração de 5 anos. Neste caso, o cliente assume o investimento no ano 0, ficando a ESE responsável por garantir a poupança energética definida contratualmente durante os 5 anos contratuais. Após o término do contrato, a empresa entrega os equipamentos instalados ao cliente, o qual assume a partir desse momento os custos de manutenção anuais da unidade de autoconsumo. Consta-se também que para este tipo de contrato e para esta duração contratual, o VAL e a TIR (Tabelas 22, 24 e 26) do cliente são sempre positivos, e aumentam com o aumento da poupança energética anual.

A análise de sensibilidade para contratos com duração de 10 e 15 anos pode ser consultada no Anexo 2. Com o aumento da duração contratual para 10 e 15 anos, verifica-se que tanto o VAL como TIR do cliente aumentam ligeiramente em relação ao contrato de 5 anos.

5.2.3 CONTRATO DE POUPANÇA PARTILHADA

Nos Contratos de Poupança Partilhada, o investimento é realizado na sua totalidade pela ESE, que recupera o seu investimento através da poupança energética anual. Para este tipo de contrato, considerou-se com base nas aplicações de contratos de desempenho energético estudados anteriormente que, durante o período contratual, a repartição de poupança energética anual é de 80% para a ESE e de 20% para o cliente. Após o término do contrato, a empresa de serviços energéticos entrega ao cliente os equipamentos, que fica a partir desse momento responsável pela sua manutenção.

Neste tipo de contrato, é necessária a realização de duas análises de sensibilidade, uma para o cliente e outra para a ESE, de modo a verificar se o contrato celebrado entre as duas entidades é benéfico ou prejudicial do ponto de vista de ambas as partes.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O CLIENTE – POUPANÇA PARTILHADA

Tabela 27 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (5 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 15%)	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79
Custo Anual de Manutenção (€)						-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79
CF Atualizados (€)	945,76	890,54	838,55	789,60	743,50	2963,80	2790,77	2627,84	2474,43	2329,97	2193,95	2065,86	1945,26	1831,69	1724,76	1624,07	1529,25	1439,97	1355,91	1276,75
CF Atualizados Acumulados (€)	945,76	1836,30	2674,86	3464,45	4207,96	10135,55	12926,33	15554,17	18028,60	20358,57	22552,52	24618,38	26563,64	28395,33	30120,09	31744,15	33273,41	34713,38	36069,29	37346,04

Tabela 28 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	37 346,04 €
TIR	-

Tabela 29 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (5 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 20%)	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
Custo Anual de Manutenção (€)						-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-724,00
CF (€)	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5581,05
CF Atualizados (€)	1261,01	1187,39	1118,07	1052,80	991,34	4130,62	3889,48	3662,41	3448,59	3247,26	3057,69	2879,18	2711,09	2552,82	2403,78	2263,45	2131,31	2006,88	1889,72	1779,71
CF Atualizados Acumulados (€)	1261,01	2448,40	3566,47	4619,27	5610,61	9741,23	13630,70	17293,11	20741,70	23988,97	27046,65	29925,83	32636,92	35189,73	37593,51	39856,96	41988,27	43995,15	45884,86	47664,58

Tabela 30 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	47 664,58 €
TIR	-

Tabela 31 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (5 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 25%)	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
Custo Anual de Manutenção (€)						-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-724,00
CF (€)	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7157,31
CF Atualizados (€)	1576,26	1484,24	1397,59	1316,00	1239,17	5297,45	4988,18	4696,97	4422,76	4164,56	3921,43	3692,49	3476,92	3273,94	3082,80	2902,83	2733,36	2573,79	2423,53	2282,36
CF Atualizados Acumulados (€)	1576,26	3060,50	4458,09	5774,09	7013,26	12310,70	17298,88	21995,85	26418,61	30583,16	34504,59	38197,08	41674,01	44947,95	48030,75	50933,58	53666,94	56240,73	58664,25	60946,61

Tabela 32 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	60 946,61 €
TIR	-

Nas Tabelas 27, 29 e 31, é possível observar a análise de sensibilidade efetuada para o cliente segundo o contrato de Poupança Partilhada com uma duração de 5 anos. Neste caso, como o investimento é responsabilidade da ESE e como esta recupera o seu investimento através da poupança energética anual, o cliente não tem qualquer tipo de despesa, não sendo portanto possível calcular a TIR. Até ao ano 4, o cliente apenas tem direito a receber 20% da poupança energética anual (condição do contrato), garantindo a partir do ano 5 a totalidade da poupança, o que leva à obtenção de valores para o VAL (Tabelas 28, 30 e 32) bastante satisfatórios. Verifica-se também que para a mesma duração contratual, o aumento da poupança energética anual permite atingir VALs ainda mais elevados.

A análise de sensibilidade para contratos com duração de 10 e 15 anos pode ser consultada no Anexo 3. Com o aumento da duração contratual para 10 e 15 anos, observa-se que o VAL do cliente diminui significativamente, devendo-se este fenómeno ao facto de a maior parte da poupança energética anual ficar alocada a ESE durante mais tempo, reduzindo assim a poupança do lado do cliente.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA A ESE – POUPANÇA PARTILHADA

Tabela 33 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (5 anos)				
	0	1	2	3	4
Custo da Solução (€)	-36000				
Pagamento à ESE (80% de 15%)	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03
CF (€)	-32 216,97	3 783,03	3 783,03	3 783,03	3 783,03
CF Atualizados (€)	-32 216,97	3 562,18	3 354,22	3 158,40	2 974,01 €
CF Atualizados Acumulados (€)	-32 216,97	-28 654,79	-25 300,58	-22 142,18	-19 168,17 €

Tabela 34 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	-19 168,17 €
TIR	-29%

Tabela 35 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (5 anos)				
	0	1	2	3	4
Custo da Solução (€)	-36000				
Pagamento à ESE (80% de 15%)	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04
CF (€)	-30955,96	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04
CF Atualizados (€)	-30955,96	4749,57	4472,29	4211,19	3965,34
CF Atualizados Acumulados (€)	-30955,96	-26206,39	-21734,11	-17522,92	-13557,58

Tabela 36 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	-13 557,58 €
TIR	-20%

Tabela 37 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (5 anos)				
	0	1	2	3	4
Custo da Solução (€)	-36000				
Pagamento à ESE (80% de 15%)	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
CF (€)	-29694,95	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
CF Atualizados (€)	-29694,95	5936,96	5590,35	5263,99	4956,67
CF Atualizados Acumulados (€)	-29694,95	-23758,00	-18167,64	-12903,65	-7946,98

Tabela 38 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 5 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	-7 946,98 €
TIR	-12%

Nas Tabelas 33, 35 e 37, é possível observar a análise de sensibilidade efetuada para a ESE segundo o contrato de Poupança Partilhada com uma duração de 5 anos. Neste caso, ao contrário do cliente, a ESE obtém VALs e TIRs (Tabelas 34, 36 e 38) negativos independentemente da poupança energética anual, pois além de ter de efetuar um investimento inicial avultado para a instalação da solução de autoconsumo, a duração do contrato reduzida não permite que com os 80% do total da poupança energética anual a ESE consiga recuperar o seu investimento inicial, acabando por ter prejuízo no final do contrato.

A análise de sensibilidade para contratos com duração de 10 e 15 anos pode ser consultada no Anexo 3. Com o aumento da duração contratual, os valores do VAL e da TIR acabam por se tornar positivos, pois a ESE dispõe de um maior intervalo de tempo para recuperar o seu investimento e atingir o lucro pretendido. Neste caso, uma maior duração contratual associada a valores mais otimistas para a poupança energética anual, levam a que a ESE obtenha valores de VALs e TIRs bastante satisfatórios.

5.2.4 FIRST-OUT CONTRACT

Nos First-Out Contracts, o investimento é assegurado pela ESE, que fica com a totalidade da poupança energética anual até conseguir recuperar o seu investimento, estando portanto todo o risco contratual associado a esta parte. Assim, para este tipo de contrato em específico, não se fixou nenhuma duração contratual, sendo que apenas foram consideradas as variações de poupança energética. Após recuperar o seu investimento, a ESE entrega todos os equipamentos ao cliente, que a partir desse momento fica também responsável pelos custos de manutenção.

Neste tipo de contratos, é necessária a realização de duas análises de sensibilidade, uma para o cliente e outra para a ESE, de modo a verificar se o contrato celebrado entre as duas entidades é benéfico ou prejudicial do ponto de vista de ambas as partes.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA O CLIENTE – FIRST OUT CONTRACT

Tabela 39 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 15%

	Duração (anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (15%)										4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79
Pagamento à ESE																				
Custo Anual de Manutenção (€)										-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725
CF (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79
CF atualizados (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2329,97	2193,95	2065,86	1945,26	1831,69	1724,76	1624,07	1529,25	1439,97	1355,91	1276,75
CF Atualizados Acumulados (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2329,97	4523,92	6589,78	8535,04	10366,73	12091,49	13715,56	15244,81	16684,78	18040,69	19317,44

Tabela 40 - VAL e TIR para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 15%

VAL	19 317,44 €
TIR	-

Tabela 41 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 20%

	Duração (anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (20%)								6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
Pagamento à ESE																				
Custo Anual de Manutenção (€)								-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725
CF (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	6305,05	6305,05
CF atualizados (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3662,41	3448,59	3247,26	3057,69	2879,18	2711,09	2552,82	2403,78	2263,45	2131,31	2006,88	2135,24	2010,59
CF Atualizados Acumulados (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3662,41	7111,00	10358,26	13415,95	16295,13	19006,22	21559,03	23962,81	26226,26	28357,56	30364,44	32499,69	34510,27

Tabela 42 - VAL e TIR para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 20%

VAL	34 510,27 €
TIR	-

Tabela 43 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 25%

	Duração (anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (25%)							7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
Pagamento à ESE																				
Custo Anual de Manutenção (€)							-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725	-725
CF (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7881,31	7881,31	7881,31
CF atualizados (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4988,18	4696,97	4422,76	4164,55	3921,43	3692,49	3476,92	3273,94	3082,80	2902,83	2733,36	2834,53	2669,05	2513,23
CF Atualizados Acumulados (€)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4988,18	9685,15	14107,90	18272,46	22193,88	25886,37	29363,30	32637,23	35720,04	38622,87	41356,23	44190,76	46859,81	49373,04

Tabela 44 - VAL e TIR para o Cliente (First Out Contracts) - Poupança Energética de 25%

VAL	34 510,27 €
TIR	-

Nas Tabelas 39, 41 e 43 é possível observar a análise de sensibilidade efetuada para o cliente segundo o First-Out Contract. Verifica-se que o cliente não tem qualquer tipo de despesa ou receita durante o intervalo de tempo em que a ESE recupera o seu investimento, sendo apenas após o ano em que a ESE atinge o resultado obtido que o cliente começa a receber a poupança energética anual na sua totalidade. Considerados estes factos, este tipo de contrato será sempre vantajoso para o cliente, pois a poupança energética é sempre mais elevada que o custo anual de manutenção, originando VALs (Tabelas 40, 42 e 44) positivos bastante satisfatórios no final do tempo de vida útil da instalação de autoconsumo.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE PARA A ESE – FIRST OUT CONTRACT

Tabela 45 - Análise de Sensibilidade para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 15%

	Duração (anos)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Poupança (15%)	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79
Custo da Intervenção (€)	-36000									
CF (€)	-31271,21	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79
CF atualizados (€)	-31271,21	4452,72	4192,77	3947,99	3717,51	3500,48	3296,12	3103,69	2922,50	2751,88
CF Atualizados Acumulados (€)	-31271,21	-26818,49	-22625,72	-18677,73	-14960,22	-11459,74	-8163,62	-5059,93	-2137,43	614,45

Tabela 46 - VAL e TIR para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 15%

VAL	614,45 €
TIR	0%

Tabela 47 - Análise de Sensibilidade para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 20%

	Duração (anos)						
	0	1	2	3	4	5	6
Poupança (20%)	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
Custo da Intervenção (€)	-36000						
CF (€)	-29694,95	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
CF atualizados (€)	-29694,95	5936,96	5590,36	5263,99	4956,68	4667,30	4394,82
CF Atualizados Acumulados (€)	-29694,95	-23757,99	-18167,63	-12903,65	-7946,97	-3279,67	1115,16

Tabela 48 - VAL e TIR para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 20%

VAL	1 115,16 €
TIR	1%

Tabela 49 - Análise de Sensibilidade para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 25%

	Duração (anos)					
	0	1	2	3	4	5
Poupança (25%)	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
Custo da Intervenção (€)	-36000					
CF (€)	-28118,69	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
CF atualizados (€)	-28118,69	7421,20	6987,94	6579,98	6195,84	5834,13
CF Atualizados Acumulados (€)	-28118,69	-20697,49	-13709,55	-7129,57	-933,72	4900,40

Tabela 50 - VAL e TIR para a ESE (First Out Contracts) - Poupança Energética de 25%

VAL	4 900,40 €
TIR	6%

Nas Tabelas 45, 47 e 49, é possível observar a análise de sensibilidade efetuada para a ESE segundo o First-Out Contract. Analisando-se as tabelas, verifica-se que independentemente da poupança energética anual, a ESE obtém sempre VALs e TIRs (Tabelas 46, 48 e 50) não negativas, o que se deve ao facto de o contrato apenas terminar quando esta entidade recuperar a totalidade do seu investimento. Por sua vez, quanto maior for a poupança energética anual, melhores serão os valores obtidos para o VAL e a TIR.

6 ANÁLISE COMPARATIVA DE RESULTADOS

Realizadas as análises de sensibilidade e respetivas simulações para diferentes cenários, nomeadamente a nível de duração contratual e poupança energética anual, surge a necessidade estudar qual o contrato de eficiência energética que é mais benéfico para ambas as partes envolvidas.

O Contrato de Poupança Garantida acaba por ser aliciente para a ESE, pois esta recebe no ano 0 o pagamento que cobre o seu investimento, garantindo também o lucro pretendido. O único risco associado a esta parte é ter de garantir a poupança energética anual definida no contrato, sob pena de pagar uma indemnização ao cliente se não cumprir com esta condição. Do ponto de vista do cliente, observa-se que para as diferentes durações contratuais (5, 10 e 15 anos) e diferentes poupanças energéticas (15%, 20% e 25%), os resultados obtidos para o VAL e TIR são muito favoráveis. Através da análise de sensibilidade para este tipo de contrato, verifica-se que o aumento da duração do contrato não tem grande impacto nos parâmetros de análise, sendo que o VAL dos contratos de 5 anos relativamente ao VAL dos contratos de 15 anos sofre um aumento em média de apenas 4000€, e a TIR um aumento de 1%. Porém, os contratos de Poupança Garantida acarretam um risco muito elevado para o cliente, pois este é totalmente responsável pelo investimento, e apesar de a empresa ter de indemnizar o cliente em caso de incumprimento do contrato, é um risco que acaba por afastar entidades de optarem por este tipo de contrato, sendo muito mais cativante um contrato onde o risco de investimento esteja do lado da empresa que apresenta a solução.

Contrariamente, os First-Out Contract do lado do cliente acabam por ser bastante atrativos, pois o risco financeiro é assumido totalmente pela ESE. Da análise de sensibilidade realizada a este tipo de contrato, destaca-se o facto de durante o período contratual o cliente não receber qualquer tipo de remuneração nem ter qualquer tipo de despesa. Apenas no ano em que o contrato termina é que o cliente fica com os equipamentos, com a totalidade da poupança energética, e também com a responsabilidade de assumir os custos de manutenção. Quanto maior a poupança energética definida no contrato, menor a duração do mesmo, e maiores os VALs obtidos pelo cliente. No que diz respeito à ESE, os First-Out Contracts acabam por não ser tão apelativos quanto os contratos de Poupança Garantida, pois esta acumula o risco financeiro e energético. Se não garantir a poupança energética mínima especificada no contrato, além de ter de indemnizar o cliente, a empresa irá demorar muito mais tempo a recuperar o dinheiro investido. Além disso, enquanto que para o cliente o VAL mínimo obtido, que está associado a uma poupança energética de 15%, é de 19.317,44€, o VAL máximo obtido pela empresa, que está associado a uma poupança energética de 25%, é de apenas 4900,40€. Assim, este tipo de contrato acaba por não ser muito vantajoso para as ESE, saindo os clientes bem mais beneficiados.

Posto isto, o tipo de contrato de eficiência energética que surge como melhor alternativa para ambas as partes envolvidas acaba por ser o Contrato de Poupança Partilhada, que consiste na partilha entre ambas as partes da poupança energética para o seu próprio benefício, sendo que

os riscos financeiros e energéticos estão, à semelhança dos First-Out Contracts, associados à empresa de serviços energéticos. Na análise de sensibilidade efetuada, considerou-se durante o período contratual que a poupança energética recebida pela ESE seria de 80% da poupança total, de modo a esta recuperar o seu investimento, ficando os restantes 20% para o cliente. No final do contrato, o cliente passa a receber 100% da poupança, assumindo também os custos de manutenção. Analisando então as tabelas construídas para a análise em questão, observa-se que o cliente, pelo facto de não ter qualquer tipo de despesa, garante sempre um VAL positivo qualquer que seja a poupança energética ou o período contratual. Contudo, interessa ao cliente que a duração do contrato seja pequena, pois é nesses contratos que consegue otimizar os seus benefícios. Por exemplo, num contrato de 5 anos com o cenário de poupança mais pessimista (15%), o cliente consegue garantir um VAL de 37.346,04€, sendo que para o cenário mais otimista garante um VAL de 60.946,61€, para a mesma duração contratual. Aumentando a duração do contrato, estes VALs baixam para 16.854,64€ e 28.963,39€, respetivamente, comprovando-se assim que contratos com menor extensão representam maior benefício para o cliente.

Por outro lado, pequenas durações contratuais são extremamente prejudiciais para as ESE neste tipo de contrato. Da análise de sensibilidade realizada, observa-se que para uma duração de contratual de 5 anos, independentemente de um cenário optimista ou pessimista para a poupança energética, a empresa obtém sempre VALs e TIRs negativas, pois não possui tempo suficiente para recuperar o seu investimento. Aumentando a duração contratual para 10 anos, se considerarmos um cenário de poupança energética de 20%, o intermédio entre o pessimista (15%) e do optimista (25%), o VAL e a TIR passam a ser positivos, sendo o VAL igual a 3055,39€. Comparativamente aos VALs obtidos pelo cliente neste tipo de contrato, o VAL obtido pela empresa é muito menor, e juntando este aspeto ao facto da ESE ter de assumir os riscos financeiros e energéticos, este contrato acaba de novo por não se tornar apelativo para as empresas. Contudo, ao aumentar a duração de contrato para os 15 anos, observa-se que os valores do VAL para a empresa e para o cliente começam a se aproximar, ficando mesmo perto de se igualarem no cenário mais optimista, associado a uma poupança energética anual de 25%, sendo o VAL do cliente 28.963,39€ e o VAL da empresa de 28.191,37€. Outro aspeto que se revela como sendo um indicador de que estamos perante o contrato de eficiência energética mais favorável para ambas as partes, é que para uma duração de 15 anos, considerando o cenário de poupança energético intermédio (20%), tanto o cliente como a empresa atingem VALs que são bastante vantajosos para ambos, sendo o VAL do cliente de 22.909,02€ e o VAL da empresa de 15.353,11€.

Assim, os Contratos de Poupança Partilhada revelam-se então como sendo os tipos de contrato mais vantajosos tanto para o cliente quanto para a empresa, que apesar de ter associados os riscos financeiros e energéticos, obtém um proveito que a coloca numa posição confortável para incorrer nesses mesmos riscos. Considerou-se ainda a possibilidade a adotar valores para a poupança energética anual mais elevados, como os atingidos na Tabela 5 da Secção 3.4.3.2, ou seja, a rondar os 40%. Porém, através da análise da Tabela 20 da Secção

5.3.3, verifica-se que com a adoção de uma solução de autoconsumo semelhante à considerada nas análises de sensibilidade, diferindo apenas na potência produzida que é superior à considerada em 15kW, a poupança energética anual atingida é igual a 32,60%. Posto isto, não se justifica adotar valores mais elevados para a poupança anual energética, pois estes muito dificilmente seriam atingidos com a solução escolhida.

Por fim, é também importante mencionar que seria ainda possível equilibrar os VALs do cliente e da empresa para os Contratos de Poupança Partilhada, otimizando tanto a duração do contrato quanto a poupança energética. Realizando a otimização mencionada, e com base na análise de sensibilidade para a duração contratual de 15 anos, é espectável que a duração do contrato a obter seja próxima dos 15 anos, e que a poupança energética anual esteja compreendida no intervalo entre os 20% e 25%.

As Tabelas 51 e 52 apresentam em suma os VALs obtidos para todas as simulações efetuadas para os diferentes tipos de contrato, destacando a verde os valores considerados como sendo os mais vantajosos para ambas as partes, e a vermelho os VALs de valor negativo. Estas tabelas facilitam o processo de comparação dos diferentes tipos de contrato, pois permitem analisar os resultados originados pelas variações dos parâmetros de entrada considerados críticos.

Tabela 51 - VALs e TIRs para Poupança Garantida e Poupança Partilhada

		VAL (€)			
		Poupança Garantida		Poupança Partilhada	
Duração do Contrato (anos)	Poupança Energética Anual (%)	Cliente	Empresa	Cliente	Empresa
5	15	9814,06		37346,04	-19168,17
	20	28706,68		47664,58	-13557,58
	25	47599,30		60946,61	-7946,98
10	15	12201,90		24310,30	-6708,44
	20	31094,50		33439,14	3055,39
	25	49987,20		42597,94	12819,22
15	15	13969,50		16854,64	2514,82
	20	32862,10		22909,02	15353,09
	25	51754,80		28963,39	28191,37

Tabela 52 - VALs para First Out Contracts

		VAL (€)	
		First-Out Contract	
Poupança Energética Anual (%)	Duração do Contrato (anos)	Cliente	Empresa
15	9	19317,4	614,45
20	7	34510,3	1115,16
25	6	49373	4900,40

7 CONCLUSÕES

7.1 SÍNTESE CONCLUSIVA

O facto de os edifícios consumirem cerca de 40% do total do consumo energético da EU e gerarem aproximadamente 26% dos gases de efeito de estufa (GEE) do continente europeu, fez com que a EU criasse e continue a criar diversos programas de financiamento para apoiar e promover a investigação na área da construção, lançando até 2020 os programas Framework Programme 7 (terminado em 2013), e Horizon2020 (terminado em 2020). Além disso, foi criado um projeto denominado *Energy-efficient Buildings (EeB) cPPP*, que consiste numa parceria entre a EU e o setor privado com o intuito de desenvolver soluções tecnológicas viáveis de serem aplicadas não só em edifícios isolados, como também a nível de bairros completos, e de implementar políticas que levem a uma redução do consumo energético e das emissões de GEE relativamente aos edifícios. Na Tabela 1 da Secção 2.3 pode observar-se a evolução dos indicadores-chave de desempenho entre os dois principais programas, concluindo-se que a EU tem mantido nos últimos 15 anos uma postura proativa no que diz respeito à melhoria da eficiência energética em construções e edifícios, e que essa postura começa aos poucos a ter os seus resultados.

Como consequência desta postura por parte da EU, surgiram os contratos de desempenho energético (CDE), que consistem, em suma, num acordo contratual entre um beneficiário e um fornecedor de uma melhoria de eficiência energética, verificada e monitorizada ao longo do horizonte contratual. Paralelamente a estes contratos, apareceram as empresas de serviços energéticos (ESE), que são as entidades contratadas para aplicarem as medidas de melhoria de eficiência energética.

De modo a serem realizadas as medidas de melhoria de eficiência energética é então necessária a celebração de um contrato. Nas secções 2.5.1 e 2.5.2 encontram-se expostos os modelos de contratação tradicional e modelos alternativos de contratação. Ao contrário dos modelos de contratação tradicional, onde o setor público (ou cliente) é responsável pela prestação dos serviços de melhoria energética, ficando também encarregue de assumir todas as fases do projeto (incluindo o seu financiamento) os modelos alternativos de contratação, dos quais se destacam as parcerias público-privadas (PPPs), permitem ao contratante transferir parte dos riscos associados a estes projetos para a entidade privada prestadora de serviços (empresa).

Dentro das PPPs para melhoria de eficiência energética em edifícios, destacam-se 3 tipos de contratos: os Contratos de Poupança Garantida, os Contratos de Poupança Partilhada e os First-Out Contracts. Na secção 2.5, além de serem explicados e examinados os contratos anteriormente enumerados, é possível comprovar que de facto existe uma transferência de riscos do cliente para a empresa, sejam estes de construção, financeiros, desempenho operacional/energético ou de procura, fazendo com que os modelos de contratação alternativos sejam bem mais apelativos que os modelos de contratação tradicionais.

Contudo, os CDE enfrentam ainda algumas dificuldades aquando da sua aplicação, nomeadamente à elaboração dos contratos e ao lançamento dos concursos públicos. O aparecimento destes contratos, associado aos novos modelos de contratação, fez com que surgisse a necessidade de adaptar e aprimorar os procedimentos relativos aos concursos públicos, incluindo-se neste processo a possibilidade de realizações de auditorias energéticas por partes das ESE, antes da fase de apresentação de propostas iniciais. No caso da eficiência energética, o caderno de encargos deve dar especial importância à qualidade técnica da proposta e ao seu valor.

Além das dificuldades a nível de concurso público e de contrato, com os CDE surgem também diversos riscos associados à sua implementação, nomeadamente os riscos financeiros e de mercado, riscos operacionais e de gestão, riscos tecnológicos, riscos do cliente e riscos ambientais externos. Na secção 2.6.2.1 é possível verificar o impacto de cada um destes riscos, bem como as relações entre eles, expostos na Figura 8.

A opção pelos CDE no presente revela-se como sendo uma ferramenta muito importante, pois representa um pequeno passo para se atingir uma melhoria no que diz respeito à produção de CO₂ e à emissão de GEE. Um dos principais desafios futuros será educar os utilizadores dos edifícios para adotarem um comportamento consciente relativamente ao consumo de energia, pois as previsões apontam que no futuro as pessoas passem cada vez mais tempo dentro das suas habitações, processo esse que foi acelerado por consequência da pandemia Covid-19 de 2020.

De modo a complementar a informação da secção 2.5 relativa aos três tipos de CDE, na secção 3 apresentam-se exemplos de aplicações de CDE que trouxeram mais-valias tanto para os clientes como para a empresa. No Município de Guidonia Montecelio em Itália, foram aplicados dois contratos de Poupança Partilhada, um deles abrangendo a iluminação pública e o outro edifícios públicos. Estes contratos permitiram ao município obter reduções de consumos energéticos de 45% e 57% em cada um dos contratos, respetivamente. Na Eslovénia, mais precisamente no Município de Koper, à semelhança do que se observou para o Município de Guidonia Montecelio, foi celebrado entre o município e uma ESE um contrato de Poupança Partilhada para reduzir o consumo energético dos edifícios públicos da região. Este contrato gerou poupanças de energia de 100.000€/ano, que correspondem a uma redução de 24% no consumo energético do edifício. Por fim, no final desta secção, analisa-se a implementação de um Contrato de Poupança Partilhada para a melhoria de eficiência energética de um Centro de Alto Rendimento em Espanha, na região de Sant Gualat des Vallès. A aplicação deste contrato revelou-se também como sendo bem sucedida, pois além da ESE recuperar o seu investimento, o Centro de Alto Rendimento obteve poupanças energéticas anuais de 39%.

Verificando-se então o sucesso da aplicação dos CDE, procurou-se verificar qual dos tipos de contrato seria o mais indicado para aplicar num edifício público. Como se pode observar na secção 4, o edifício escolhido foi a Escola Básica do 2º e 3º Ciclos do Caniço, situada na

Região Autónoma da Madeira. Este edifício escolar serve uma comunidade escolar de cerca de 1500 pessoas, desde alunos a professores, e tem associado à utilização das suas infraestruturas uma fatura anual de eletricidade de 31.525,24€. Com o intuito de reduzir este consumo energético, foram realizadas auditorias energéticas por parte de 3 empresas, as quais apresentaram posteriormente diferentes soluções para a instalação de painéis fotovoltaicos (unidades de autoconsumo), sendo que até à data da elaboração deste documento, nenhuma delas foi aplicada.

Examinados os dados das auditorias e as soluções propostas pelas empresas na secção 5, procedeu-se então a uma análise de sensibilidade, de modo a concluir qual dos três tipos de CDE abordados neste documento seria mais vantajoso aplicar na escola em questão. Para isso, consideraram-se como parâmetros de entrada mais relevantes a duração do contrato e a poupança de energia anual. Como critério de avaliação, considerou-se o Valor Atualizado Líquido (VAL) como sendo o critério mais preponderante para a decisão sobre qual o tipo de contrato a adotar neste caso de estudo, pois este indica a verdadeira riqueza originada pelo projeto, considerando o valor temporal do dinheiro.

Selecionada a solução a implementar (solução de 30kW), realizaram-se então várias simulações com diferentes valores para os parâmetros de entrada críticos. Da análise das simulações, conclui-se e recomenda-se a celebração de um Contrato de Poupança Partilhada para este caso de estudo, pois este permite tanto ao cliente como à empresa a obtenção de VALs elevados e equilibrados (28.963,39€ para a empresa e 28.191,37€ para o cliente), para um contrato com a duração de 15 anos. Além disso, o contrato de Poupança Partilhada permite que o cliente não assuma qualquer tipo risco financeiro ou energético, sendo estes mitigados para a empresa, que consequentemente recebe uma remuneração mais elevada durante o período do contrato.

7.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

A presente dissertação providencia exemplos de aplicação de contratos de desempenho energético, e também uma análise de sensibilidade relativa a um caso de estudo, com o intuito de mostrar qual dos tipos de contratos de desempenho energético é mais vantajoso do ponto de vista económico e financeiro. Contudo, não está presente neste documento a solução mais otimizada da análise de sensibilidade efetuada. Como tal, seria interessante no futuro a obtenção dessa solução, com recurso a softwares destinados a esse fim. Outros percursos possíveis para o estudo dos CDE seriam a consideração de todos os aspetos envolvidos nos CDE que não foram considerados nas simulações presentes nesta dissertação, como o caso de haver excessos ou lacunas de poupança energética ao longo do período contratual, e que impactos esses efeitos iriam gerar para o cliente e para a empresa. Por fim, o estudo de diferentes intervenções para a melhoria de eficiência energética em edifícios, nomeadamente ao nível de isolamentos e outras soluções construtivas, revela-se como sendo um caminho alternativo e muito interessante para dar seguimento aos conhecimentos obtidos neste documento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

PUBLICAÇÕES

- Abecassis, F. e Cabral, N. (2000) *Análise Económica e Financeira de Projetos*, 4ª. Edição, Serviço de Educação Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- Antonini, E., Longo, D., Gianfrate, V., e Copiello, S. (2016). Challenges for public-private partnerships in improving energy efficiency of building sector. *International Journal for Housing Science and Its Applications*, 40(2), 99–109.
- Barros, H. (2002) *Análise de Projetos de investimentos*, 3ª. Edição – 3ª. Reimpressão, Edições Sílabo, Lisboa
- Bing, L., Akintoye, A., Edwards, P. J., e Hardcastle, C. (2005). The allocation of risk in PPP/PFI construction projects in the UK. *International Journal of Project Management*. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.04.006>
- Bougrain, F. (2012). Energy performance and public private partnership. In *Built Environment Project and Asset Management* (Vol. 2, Issue 1, pp. 41–55). <https://doi.org/10.1108/20441241211235044>
- Bougrain, F. (2017). Turning energy data into actionable information: The case of energy performance contracting. In *Integrating Information in Built Environments: From Concept to Practice*. <https://doi.org/10.4324/9781315201863>
- Boza-Kiss, B., Bertoldi, P., e Economidou, M. (2017). Energy Service Companies in the EU: Status review and recommendations for further market development with a focus on Energy Performance Contracting. In *Joint Research Centre (JRC); European Commission*.
- Cao, X., Dai, X., e Liu, J. (2016). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089>
- Carbonara, N., e Pellegrino, R. (2018). Public-private partnerships for energy efficiency projects: A win-win model to choose the energy performance contracting structure. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.151>
- Colella, M., Tripaldi, G., Rossi, L., Mezzi, D., Nutta, A., Sebastianelli, G., Vannini, N. (2013). *Gli impianti di pubblica illuminazione in partenariato pubblico privato Manuale Operativo*
- Cruz, C.O., e Marques, R.C. (2013). *Infrastructure Public-Private Partnerships: Decision, Management and Development*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-36910-0>.
- Cusano, M., Barbabella, A. (2011). *Piano di azione per l'Energia Sostenibile*

- Da-li, G. (2009). Energy service companies to improve energy efficiency in China: barriers and removal measures. *Procedia Earth and Planetary Science*, 1(1), 1695–1704. <https://doi.org/10.1016/j.proeps.2009.09.260>
- ECTP (2018). Energy-efficient Buildings contractual Public-Private Partnership (EeB cPPP) 2018, Progress Monitoring Report
- ECTP (2019). EeB PPP Project Review 2019
- ENERJ (2017). Guia de Ações Conjuntas para a Eficiência Energética
- European PPP Expertise Centre. (2015). *Value for Money Assessment Review of approaches and key concepts*. March, 1–96.
- Eurostat. (2016). *Manual on Government Deficit and Debt Implementation of ESA 2010*. <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/3859598/7203647/KS-GQ-16-001-EN-N.pdf/5cfae6dd-29d8-4487-80ac-37f76cd1f012>
- Generalitat de Catalunya (2017). National Agreement for the energy transition of Catalonia
- Generalitat de Catalunya (2013). *ENERGIA DEMO, 127 Tecnologies avançades en estalvi i eficiència energètica*
- Goldman, C. A., Hopper, N. C., e Osborn, J. G. (2005). Review of US ESCO industry market trends: An empirical analysis of project data. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.08.008>
- GOLEA (2019). *Akcijski načrt za trajnostno energijo Mestne občine Koper*
- Hannon, M. J., e Bolton, R. (2015). UK Local Authority engagement with the Energy Service Company (ESCo) model: Key characteristics, benefits, limitations and considerations. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.11.016>
- Hopper, N., Birr, D., e Stoughton, K. M. (2005). *Public and Institutional Markets for ESCO Services: Comparing Programs, Practices and Performance*. 109.
- Hui, S. C. M. (2002). Opportunities and Challenges of Energy Performance Contracting to Improve Existing Buildings in Hong Kong. *Proceedings of the Joint Symposium 2002: Achieving Sustainable Performance in Built Environment*, 19(November 2002), 8–1.
- Huimin, L., Xinyue, Z., e Mengyue, H. (2019). Game-theory-based analysis of Energy Performance Contracting for building retrofits. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.288>
- Hurst, C., e Reeves, E. (2004). An economic analysis of Ireland's first public private partnership. *International Journal of Public Sector Management*. <https://doi.org/10.1108/09513550410546570>

- International Energy Agency. (2017). WEO-2017 Special Report: Energy Access Outlook. In <https://www.iea.org/energyaccess/>.
- International Energy Agency (IEA). (2019). Global Energy e CO2 Status Report: The Latest Trends in Energy and Emissions in 2018. In *IEA*.
- Isaac, M., e van Vuuren, D. P. (2009). Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.09.051>
- Jackson, J. (2010). Promoting energy efficiency investments with risk management decision tools. *Energy Policy*, 38(8), 3865–3873. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.03.006>
- Lee, M. K., Park, H., Noh, J., e Painuly, J. P. (2003). Promoting energy efficiency financing and ESCOs in developing countries: Experiences from Korean ESCO business. *Journal of Cleaner Production*. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(02\)00110-5](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(02)00110-5)
- Lee, P., Lam, P. T. I., e Lee, W. L. (2015). Risks in Energy Performance Contracting (EPC) projects. *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.01.054>
- LEITAT (2015). Roadmap towards nearly Zero Energy Sport Buildings
- Luheto, A. P. X. (2018). Avaliação de Projetos de Investimentos em Contecto de Risco e Incerteza. PhD em Contabilidade e Finanças, Instituto Politécnico de Setúbal, Escola Superior de Ciências Empresariais.
- Lugarić, T. R., Dodig, D., e Bogovac, J. (2019). Effectiveness of blending alternative procurement models and eu funding mechanisms based on energy efficiency case study simulation. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en12091612>
- Marques, R., e Silva, D. (2008). As Parcerias Público-Privadas em Portugal. Lições e Recomendações (LIDO). *Tékhne - Revista de Estudos Politécnicos*, VI(10), 33–50.
- Martiniello, L., Morea, D., Paolone, F., e Tiscini, R. (2020). Energy performance contracting and public-private partnership: How to share risks and balance benefits. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en13143625>
- Megre, L. (2013). Análise de Projetos de Investimentos. 1ª. Edições Sílabo, Lisboa
- Nguyen, T. A., e Aiello, M. (2013). Energy intelligent buildings based on user activity: A survey. In *Energy and Buildings*. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.09.005>
- Okay, N., e Akman, U. (2010). Analysis of ESCO activities using country indicators. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.07.013>
- Pätäri, S., e Sinkkonen, K. (2014). Energy Service Companies and Energy Performance Contracting: Is there a need to renew the business model? Insights from a Delphi study. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.017>

- Polychroni, E., e Androutsopoulos, A. (2020). Innovative financial schemes for buildings' energy renovation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/410/1/012055>
- Qian, D., e Guo, J. (2014). Research on the energy-saving and revenue sharing strategy of ESCOs under the uncertainty of the value of Energy Performance Contracting Projects. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.05.013>
- Roshchanka, V., e Evans, M. (2016). Scaling up the energy service company business: Market status and company feedback in the Russian Federation. *Journal of Cleaner Production*. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.078>
- Sarmiento, J. M., e Renneboog, L. (2016). Anatomy of public-private partnerships: their creation, financing and renegotiations. *International Journal of Managing Projects in Business*. <https://doi.org/10.1108/IJMPB-03-2015-0023>
- Soares, J. O., Fernandes, A. V., Marçõ, A. A., e Marques, J. P. (1999). Avaliação de Projetos de Investimentos na Óptica Empresarial. Edições Sílabo, Lisboa
- Tan, B. (2020). Design of balanced energy savings performance contracts. *International Journal of Production Research*. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1641240>
- Taylor, R. P., Govindarajalu, C., Levin, J., Meyer, A. S., e Ward, W. A. (2008). FINANCING ENERGY EFFICIENCY: Lessons from Brazil, China, India, and Beyond. In *Energy Sector Management Assistance Programme*.
- Vine, E. (2005). An international survey of the energy service company ESCO industry. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.09.014>
- Wang, Z., Xu, G., Lin, R., Wang, H., e Ren, J. (2019). Energy performance contracting, risk factors, and policy implications: Identification and analysis of risks based on the best-worst network method. *Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.12.140>
- World Business Council for Sustainable Development. (2009). Energy efficiency in buildings: transforming the market. In *Wbcsd*.
- Xu, P., e Chan, E. H. W. (2013). ANP model for sustainable Building Energy Efficiency Retrofit (BEER) using Energy Performance Contracting (EPC) for hotel buildings in China. *Habitat International*. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2011.12.004>
- Xu, P., Chan, E. H. W., e Qian, Q. K. (2011). Success factors of energy performance contracting (EPC) for sustainable building energy efficiency retrofit (BEER) of hotel buildings in China. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.09.001>
- Zhang, W., e Yuan, H. (2019). Promoting energy performance contracting for achieving urban sustainability: What is the research trend? *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en12081443>

Zhang, Y., Han, Q. M., Liu, C. B., e Sun, J. Y. (2008). Analysis for critical success factors of energy performance contracting (EPC) projects in China. *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, IEEM 2008*. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2008.4737954>

LEGISLAÇÃO

Decreto-Lei nº29/2011, de 28 de Fevereiro. Ministério da Economia, da Inovação e do Desenvolvimento, Diário da República n.º 41/2011, Série I, 28 de fevereiro de 2011, pp 1209 – 1216.

SITES CONSULTADOS

Caixa Geral de Depósitos (2021). <https://www.cgd.pt/Site/Saldo-Positivo/o-banco-e-eu/Pages/impacte-da-inflacao.aspx>. Consultado a 15 de julho de 2021.

Câmara Municipal de Seia (2021). https://www.cm-seia.pt/index.php?option=com_k2view=itemid=2447:seia-vai-reduzir-76-3-do-consumo-da-iluminacao-publica&Itemid=319. Consultado a 8 de Fevereiro de 2021

FEUP (2021). https://sigarra.up.pt/feup/pt/noticias_geral.ver_noticia?p_nr=112810. Consultado a 8 de Fevereiro de 2021

Google Maps (2021). <https://www.google.com/maps/place/Escola+B%C3%A1sica+2%C2%BA+e+3%C2%BA+Ciclos+do+Cani%C3%A7o/@32.6498476,-16.8470207,222m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0xc6061e03ffffff:0xcb43f81a1554041a!8m2!3d32.6498258!4d-16.8463138>. Consultado a 7 de Julho de 2021

Wikipedia (2021a). [https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:Map_of_comune_of_Guidonia_Montecelio_\(province_of_Rome,_region_Lazio,_Italy\).svg](https://it.m.wikipedia.org/wiki/File:Map_of_comune_of_Guidonia_Montecelio_(province_of_Rome,_region_Lazio,_Italy).svg). Consultado a 2 de Junho de 2021

Wikipedia (2021b). https://en.wikipedia.org/wiki/Coastal%E2%80%93Karst_Statistical_Region#/media/File:Coastal-Karst_Statistical_Region_in_Slovenia.svg. Consultado a 2 de Junho de 2021

Wikipedia (2021c). https://en.wikipedia.org/wiki/Sant_Cugat_del_Vall%C3%A8s#/media/File:Barcelona-loc.svg. Consultado a 2 de Junho de 2021

ANEXOS

ANEXO 1 – CONSUMO DA INSTALAÇÃO E PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE PAINÉIS FOTOVOLTÁICOS (RC AUTOMAÇÃO)

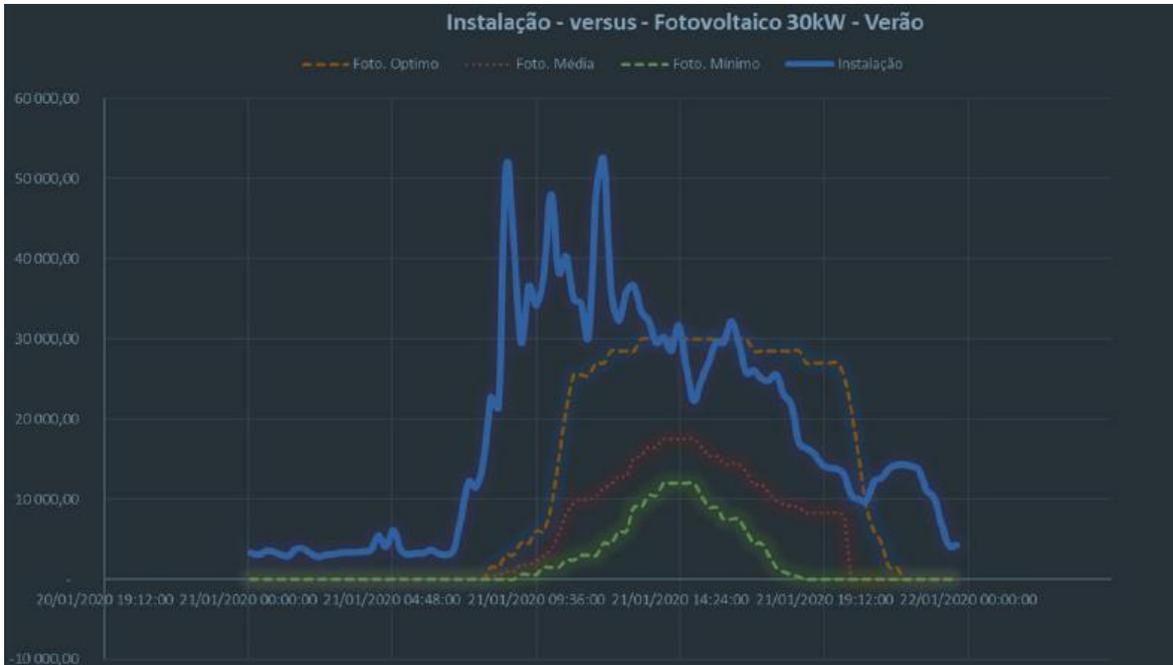


Figura A1.1 – Consumo da Instalação vs Produção de Energia Elétrica através de Painéis Fotovoltaicos (Solução 30kW)

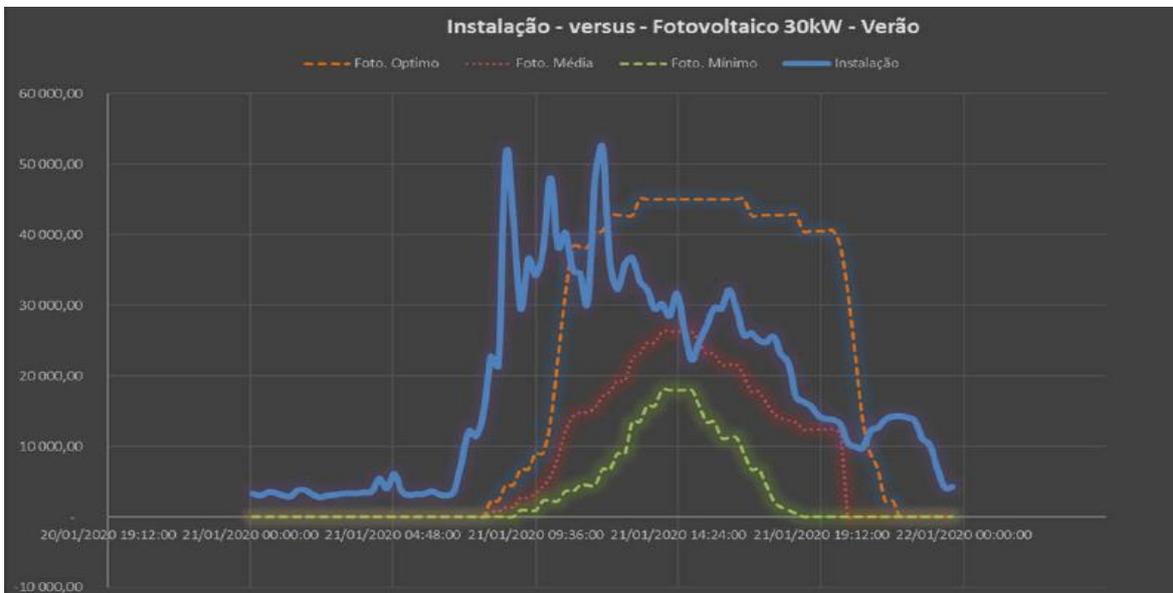


Figura A1.2 – Consumo da Instalação vs Produção de Energia Elétrica através de Painéis Fotovoltaicos (Solução 45kW)

ANEXO 2 – ANÁLISES DE SENSIBILIDADE (CONTRATO DE POUPANÇA GARANTIDA)

Tabela A2.1 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (10 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (15%) (€)	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79
Pagamento à ESE (€)	-41400,00																			
Custo Anual de Manutenção (€)											-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	-36671,21	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79
CF Atualizados (€)	-36671,21	4452,72	4192,77	3947,99	3717,51	3500,48	3296,12	3103,69	2922,50	2751,88	2193,95	2065,86	1945,26	1831,69	1724,76	1624,07	1529,25	1439,97	1355,91	1276,75
CF Atualizados Acumulados (€)	-36671,21	-32218,49	-28025,72	-24077,73	-20360,22	-16859,74	-13563,62	-10459,93	-7537,43	-4785,55	-2591,61	-525,74	1419,51	3251,21	4975,96	6600,03	8129,28	9569,26	10925,16	12201,91

Tabela A2.2- VAL e TIR (Poupança Garantida) – Duração de 10 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	12 201,91€
TIR	4%

Tabela A2.3 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (10 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (20%) (€)	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
Pagamento à ESE (€)	-41400,00																			
Custo Anual de Manutenção (€)											-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	-35094,95	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05
CF Atualizados (€)	-35094,95	5936,96	5590,36	5263,99	4956,68	4667,30	4394,82	4138,25	3896,66	3669,17	3057,69	2879,18	2711,09	2552,82	2403,78	2263,45	2131,31	2006,88	1889,72	1779,39
CF Atualizados Acumulados (€)	-35094,95	-29157,99	-23567,63	-18303,65	-13346,97	-8679,67	-4284,84	-146,59	3750,07	7419,24	10476,92	13356,10	16067,19	18620,01	21023,79	23287,23	25418,54	27425,42	29315,14	31094,53

Tabela A2.4- VAL e TIR (Poupança Garantida) – Duração de 10 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	31 094,53 €
TIR	10%

Tabela A2.5 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (10 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (25%) (€)	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
Pagamento à ESE (€)	-41400,00																			
Custo Anual de Manutenção (€)											-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	-33518,69	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31
CF Atualizados (€)	-33518,69	7421,20	6987,94	6579,98	6195,84	5834,13	5493,53	5172,81	4870,82	4586,46	3921,43	3692,49	3476,92	3273,94	3082,80	2902,83	2733,36	2573,79	2423,53	2282,04
CF Atualizados Acumulados (€)	-33518,69	-26097,49	-19109,55	-12529,57	-6333,72	-499,60	4993,93	10166,74	15037,56	19624,03	23545,45	27237,94	30714,87	33988,80	37071,61	39974,44	42707,80	45281,58	47705,11	49987,15

Tabela A2.6- VAL e TIR (Poupança Garantida) – Duração de 10 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	49 987,15€
TIR	16%

Tabela A2.7 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (15 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (15%) (€)	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79
Pagamento à ESE (€)	-41400,00																			
Custo Anual de Manutenção (€)																-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	-36671,21	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4728,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79	4003,79
CF Atualizados (€)	-36671,21	4452,72	4192,77	3947,99	3717,51	3500,48	3296,12	3103,69	2922,50	2751,88	2591,22	2439,95	2297,50	2163,37	2037,07	1624,07	1529,25	1439,97	1355,91	1276,75
CF Atualizados Acumulados (€)	-36671,21	-32218,49	-28025,72	-24077,73	-20360,22	-16859,74	-13563,62	-10459,93	-7537,43	-4785,55	-2194,33	245,62	2543,12	4706,49	6743,57	8367,63	9896,88	11336,86	12692,76	13969,51

Tabela A2.8- VAL e TIR (Poupança Garantida) – Duração de 15 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	13 969,51 €
TIR	4%

Tabela A2.9 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (15 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (20%) (€)	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
Pagamento à ESE (€)	-41400,00																			
Custo Anual de Manutenção (€)																-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	-35094,95	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05
CF Atualizados (€)	-35094,95	5936,96	5590,36	5263,99	4956,68	4667,30	4394,82	4138,25	3896,66	3669,17	3454,96	3253,26	3063,33	2884,50	2716,10	2263,45	2131,31	2006,88	1889,72	1779,39
CF Atualizados Acumulados (€)	-35094,95	-29157,99	-23567,63	-18303,65	-13346,97	-8679,67	-4284,84	-146,59	3750,07	7419,24	10874,20	14127,46	17190,79	20075,29	22791,39	25054,83	27186,14	29193,02	31082,74	32862,13

Tabela A2.10- VAL e TIR (Poupança Garantida) – Duração de 15 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	32 862,13 €
TIR	10%

Tabela A2.11 - Análise de Sensibilidade (Poupança Garantida) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (15 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança (25%) (€)	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
Pagamento à ESE (€)	-41400,00																			
Custo Anual de Manutenção (€)																-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	-33518,69	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31
CF Atualizados (€)	-33518,69	7421,20	6987,94	6579,98	6195,84	5834,13	5493,53	5172,81	4870,82	4586,46	4318,70	4066,57	3829,17	3605,62	3395,12	2902,83	2733,36	2573,79	2423,53	2282,04
CF Atualizados Acumulados (€)	-33518,69	-26097,49	-19109,55	-12529,57	-6333,72	-499,60	4993,93	10166,74	15037,56	19624,03	23942,73	28009,30	31838,47	35444,09	38839,21	41742,04	44475,40	47049,18	49472,71	51754,75

Tabela A2.12- VAL e TIR (Poupança Garantida) – Duração de 15 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	51 754,75€
TIR	16%

ANEXO 3 – ANÁLISES DE SENSIBILIDADE (CONTRATO DE POUPANÇA PARTILHADA)

Tabela A3.1 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (10 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 15%)	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78
Custo Anual de Manutenção (€)											-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78
CF Atualizados (€)	945,76	890,54	838,55	789,60	743,50	700,10	659,22	620,74	584,50	550,38	2193,94	2065,86	1945,25	1831,69	1724,75	1624,06	1529,25	1439,97	1355,90	1276,75
CF Atualizados Acumulados (€)	945,76	1836,30	2674,86	3464,45	4207,96	4908,05	5567,28	6188,01	6772,51	7322,89	9516,83	11582,69	13527,94	15359,63	17084,38	18708,44	20237,69	21677,66	23033,56	24310,30

Tabela A3.2 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	24 310,30 €
TIR	-

Tabela A3.3- Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (10 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 20%)	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
Custo Anual de Manutenção (€)											-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05
CF Atualizados (€)	1261,01	1187,39	1118,07	1052,80	991,34	933,46	878,96	827,65	779,33	733,83	3057,69	2879,18	2711,09	2552,82	2403,78	2263,45	2131,31	2006,88	1889,72	1779,39
CF Atualizados Acumulados (€)	1261,01	2448,40	3566,47	4619,27	5610,61	6544,07	7423,03	8250,68	9030,01	9763,85	12821,53	15700,71	18411,80	20964,62	23368,40	25631,84	27763,15	29770,03	31659,75	33439,14

Tabela A3.4 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	33 439,14 €
TIR	-

Tabela A3.5- Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (10 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 25%)	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
Custo Anual de Manutenção (€)											-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31
CF Atualizados (€)	1576,26	1484,24	1397,59	1316,00	1239,17	1166,83	1098,71	1034,56	974,16	917,29	3921,43	3692,49	3476,92	3273,94	3082,80	2902,83	2733,36	2573,79	2423,53	2282,04
CF Atualizados Acumulados (€)	1576,26	3060,50	4458,09	5774,09	7013,26	8180,08	9278,79	10313,35	11287,51	12204,81	16126,23	19818,72	23295,65	26569,59	29652,39	32555,22	35288,58	37862,37	40285,89	42567,94

Tabela 53 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	42 567,94 €
TIR	-

Tabela A3.7 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (15 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 15%)	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78	4728,78
Custo Anual de Manutenção (€)																-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	945,76	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78	4003,78
CF Atualizados (€)	945,76	890,54	838,55	789,60	743,50	700,10	659,22	620,74	584,50	550,38	518,24	487,99	459,50	432,67	407,41	1624,06	1529,25	1439,97	1355,90	1276,75
CF Atualizados Acumulados (€)	945,76	1836,30	2674,86	3464,45	4207,96	4908,05	5567,28	6188,01	6772,51	7322,89	7841,13	8329,12	8788,62	9221,30	9628,71	11252,77	12782,02	14221,99	15577,89	16854,64

Tabela A3.8 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	16 854,64 €
TIR	-

Tabela A3.9 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (15 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 20%)	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
Custo Anual de Manutenção (€)																-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	1261,01	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05	5580,05
CF Atualizados (€)	1261,01	1187,39	1118,07	1052,80	991,34	933,46	878,96	827,65	779,33	733,83	690,99	650,65	612,67	576,90	543,22	2263,45	2131,31	2006,88	1889,72	1779,39
CF Atualizados Acumulados (€)	1261,01	2448,40	3566,47	4619,27	5610,61	6544,07	7423,03	8250,68	9030,01	9763,85	10454,84	11105,49	11718,16	12295,06	12838,28	15101,72	17233,03	19239,91	21129,63	22909,02

Tabela A3.10 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	22 909,02 €
TIR	-

Tabela A3.11 - Análise de Sensibilidade para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (15 anos)																			
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Poupança Efetiva (20% de 25%)	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31	7881,31
Custo Anual de Manutenção (€)																-725,00	-725,00	-725,00	-725,00	-725,00
CF (€)	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	1576,26	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31	7156,31
CF Atualizados (€)	1576,26	1484,24	1397,59	1316,00	1239,17	1166,83	1098,71	1034,56	974,16	917,29	863,74	813,31	765,83	721,12	679,02	2902,83	2733,36	2573,79	2423,53	2282,04
CF Atualizados Acumulados (€)	1576,26	3060,50	4458,09	5774,09	7013,26	8180,08	9278,79	10313,35	11287,51	12204,81	13068,55	13881,86	14647,69	15368,82	16047,84	18950,67	21684,03	24257,82	26681,35	28963,39

Tabela A3.12 - VAL e TIR para o Cliente (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	28 963,39€
TIR	-

Tabela A3.13 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (10 anos)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Custo da Solução (€)	-36000,00									
Pagamento à ESE (80% de 15%) (€)	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03
CF (€)	-32216,97	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03
CF Atualizados (€)	-32216,97	3562,18	3354,22	3158,40	2974,01	2800,38	2636,90	2482,95	2338,00	2201,50
CF Atualizados Acumulados (€)	-32216,97	-28654,79	-25300,58	-22142,18	-19168,17	-16367,79	-13730,89	-11247,94	-8909,95	-6708,44

Tabela A3.14 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	- 6 708,44 €
TIR	-5%

Tabela A3.15 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (10 anos)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Custo da Solução (€)	-36000,00									
Pagamento à ESE (80% de 20%) (€)	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04
CF (€)	-30955,96	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04
CF Atualizados (€)	-30955,96	4749,57	4472,29	4211,19	3965,34	3733,84	3515,86	3310,60	3117,33	2935,34
CF Atualizados Acumulados (€)	-30955,96	-26206,39	-21734,11	-17522,92	-13557,58	-9823,73	-6307,88	-2997,27	120,05	3055,39

Tabela A3.16 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	3 055,39 €
TIR	2%

Tabela A3.17 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (10 anos)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Custo da Solução (€)	-36000,00									
Pagamento à ESE (80% de 25%) (€)	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
CF (€)	-29694,95	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
CF Atualizados (€)	-29694,95	5936,96	5590,35	5263,99	4956,67	4667,30	4394,82	4138,25	3896,66	3669,17
CF Atualizados Acumulados (€)	-29694,95	-23758,00	-18167,64	-12903,65	-7946,98	-3279,68	1115,14	5253,39	9150,05	12819,22

Tabela A3.18 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 10 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	12 819,22 €
TIR	9%

Tabela A3.19 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 15%

	Período de Investimento (15 anos)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Custo da Solução (€)	-36000,00														
Pagamento à ESE (80% de 15%) (€)	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03
CF (€)	-32216,97	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03	3783,03
CF Atualizados (€)	-32216,97	3562,17	3354,21	3158,39	2974,00	2800,38	2636,89	2482,95	2337,99	2201,50	2072,98	1951,96	1838,00	1730,70	1629,66
CF Atualizados Acumulados (€)	-32216,97	-28654,80	-25300,58	-22142,19	-19168,19	-16367,81	-13730,91	-11247,96	-8909,97	-6708,47	-4635,49	-2683,53	-845,53	885,16	2514,82

Tabela A3.20 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 15%

VAL	2 514,82 €
TIR	1%

Tabela A3.21 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 20%

	Período de Investimento (15 anos)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Custo da Solução (€)	-36000,00														
Pagamento à ESE (80% de 20%) (€)	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04
CF (€)	-30955,96	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04	5044,04
CF Atualizados (€)	-30955,96	4749,57	4472,28	4211,19	3965,34	3733,84	3515,86	3310,60	3117,33	2935,34	2763,97	2602,61	2450,67	2307,60	2172,88
CF Atualizados Acumulados (€)	-30955,96	-26206,40	-21734,11	-17522,92	-13557,58	-9823,74	-6307,89	-2997,28	120,04	3055,38	5819,35	8421,95	10872,62	13180,22	15353,09

Tabela A3.22 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 20%

VAL	15 353,09 €
TIR	7%

Tabela A3.23 - Análise de Sensibilidade para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 25%

	Período de Investimento (15 anos)														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Custo da Solução (€)	-36000,00														
Pagamento à ESE (80% de 25%) (€)	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
CF (€)	-29694,95	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05	6305,05
CF Atualizados (€)	-29694,95	5936,96	5590,35	5263,99	4956,67	4667,30	4394,82	4138,25	3896,66	3669,17	3454,96	3253,26	3063,33	2884,49	2716,10
CF Atualizados Acumulados (€)	-29694,95	-23758,00	-18167,64	-12903,65	-7946,98	-3279,68	1115,14	5253,39	9150,05	12819,22	16274,18	19527,44	22590,78	25475,27	28191,37

Tabela A3.24 - VAL e TIR para a ESE (Poupança Partilhada) - Duração de 15 anos e Poupança Energética de 25%

VAL	28 191,37 €
TIR	12%