

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO



Ferramenta de Monitorização de Projetos Fotovoltaicos em Ambiente ESCO

Miguel Vieira Tavares de Amorim Pereira

Mestrado Integrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Orientador: Professor Doutor Raul Fernando de Almeida Moreira Vidal

Coorientador: Mestre Joaquim Manuel Soares Guedes

Junho de 2016

Resumo

Os temas da eficiência energética e energia verde estão cada mais incutidos na sociedade, onde a preocupação ambiental tem vindo a aumentar ao longo dos anos. Devido a isto é necessário procurar ferramentas e métodos inovadores de maneira que exista um maior esforço na racionalização de energia. Em Portugal, o tecido empresarial enfrenta diversos entraves na implementação de soluções ecológicas e eficientes, sendo eles de ordem legislativa e económica.

Os contratos do modelo ESCO são uma solução que vem combater esses entraves, oferecendo soluções para racionalização de energia e também financiamento. A remuneração que uma empresa paga à ESCO é baseada nas poupanças energéticas obtidas depois de implementadas as medidas de eficiência energética.

Um dos aspetos mais importantes nos projetos de eficiência energética é a respetiva monitorização dos equipamentos consumidores de energia, após a implementação das medidas de eficiência energética.

A presente dissertação tem por base o desenvolvimento de uma nova ferramenta informática que monitoriza uma instalação fotovoltaica através da análise dos dados e retorno de resultados, tanto a nível energético como financeiro. Além da monitorização, a ferramenta desenvolvida é capaz de efetuar o cálculo do número ótimo de painéis fotovoltaicos, tendo em consideração os consumos da instalação alvo assim como a sua localização e orientação solar.

A metodologia da ferramenta foi verificada através de dados simulados, de forma a aproximar de casos reais. Esta solução foi adotada devido à empresa *Ecoinside*®, meio empresarial onde foi desenvolvida a ferramenta, não possuir instalações fotovoltaicas totalmente implementadas e funcionais.

Abstract

Energy efficiency and green energy subjects are increasingly more ingrained in society, where environmental concern has been growing over the years. Thus, it is necessary to seek innovative tools and methods so that there is a greater effort in energy rationalization. In Portugal, the business sector faces several obstacles in the implementation of clean and efficient solutions, specifically legislative and economic.

ESCO model contracts represents a solution that fights these barriers, providing solutions for energy rationalization and funding. The compensation paid by a company to ESCO is based on the energy savings achieved after implementing energy efficiency measures. One of the most important aspects in energy efficiency projects is the monitoring of power consuming equipments after the implementation of energy efficiency measures.

The present work is based on the development of a new software tool that monitors a photovoltaic installation by analyzing the data and return results, both energetic and financially wise. In addition to monitoring, the developed tool is able to perform the calculation of the optimal number of photovoltaic panels, taking into account the consumption of the target installation, as well as its location and solar orientation.

The methods involving the tool were verified by simulated data in order to bring it closer to real cases. This solution was adopted by Ecoinside - business environment where the tool has been developed - since this company has not fully implemented functional photovoltaic installations.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer ao Professor Raul Fernando de Almeida Moreira Vidal, toda a atenção, apoio e orientação prestados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Ao Eng. Joaquim Guedes, pela visão, disponibilidade e sugestões relevantes oferecidas durante os cinco meses de trabalho na empresa *Ecoinside*®.

A toda a equipa da *Ecoinside*® pelo o apoio e colaboração, bem como toda a informação disponibilizada necessária ao desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço também aos meus amigos, os quais suportaram e apoiaram nos momentos mais difíceis e de maior *stress*, bem como todos os momentos passados juntos durante o percurso académico.

Para terminar, quero agradecer à minha família por todo o apoio e compreensão oferecidos durante o percurso académico, em principal destaque estes cinco meses.

Miguel Tavares Pereira

*“O que impede de saber não são nem o tempo nem a inteligência,
mas somente a falta de curiosidade.”*

Agostinho da Silva

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Motivação	2
1.3	Objetivos	3
1.4	A <i>Ecoinside</i> ®	3
1.5	Estrutura da Dissertação	4
2	Estado da Arte	5
2.1	O que são as ESCO?	5
2.2	Fases de um Projeto ESCO	7
2.2.1	Auditoria Preliminar	7
2.2.2	Análise Detalhada	7
2.2.3	Implementação	8
2.2.4	Monitorização	8
2.3	Tipos de EPC	8
2.3.1	<i>Shared Savings</i>	8
2.3.2	<i>Guaranteed Savings</i>	9
2.3.3	<i>Chauffage</i>	10
2.3.4	<i>Build-Own-Operate-Transfer (BOOT)</i>	10
2.4	Medição & Verificação	10
2.5	Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance	11
2.5.1	Objetivos e âmbito do IPMVP	12
2.5.2	Determinação da poupança	12
2.5.3	Período de consumo de referência	13
2.5.4	Período de reporte	14
2.5.5	Opções do IPMVP	14
2.5.6	Limites de medição	16
3	Desenvolvimento e implementação da ferramenta	17
3.1	Obtenção de dados	18
3.1.1	Diagrama de cargas	18
3.1.2	Radiância	19
3.2	Tratamento de dados	20
3.2.1	Tarifas	20
3.3	Crítério de otimização de número de painéis	20
3.4	Verificação da produção e análise financeira	22
3.4.1	Dados fornecidos pelos <i>cluster controllers</i>	22
3.4.2	Formulação	24

3.4.3	Monitorização mensal	25
3.4.4	Monitorização diária	25
3.4.5	Monitorização anual	25
3.5	Apresentação de resultados	29
4	Conclusões	33
4.1	Discussão de resultados	33
4.2	Trabalho futuro	34
	Referências	37
A	Folha de Cálculo <i>Dados Simulação</i>	39
B	Diagrama de Cargas	41
C	Ficheiro <i>txt</i> de Radiância	43
D	Folha de Cálculo <i>Relatório ESCO</i>	45
E	Ficheiro <i>csv</i> de valores agrupados	47
F	Ficheiro <i>csv</i> de valores não agrupados	49
G	Folha de Cálculo <i>Dados Reais</i>	51
H	Folha de Cálculo <i>historico</i>	53
I	Folha de Cálculo <i>Proposta ESCO</i>	55
J	Folha de Cálculo <i>Auto-Financiamento</i>	57
K	Folha de Cálculo <i>Relatório Auto-Financiamento</i>	59
L	Rotina <i>auxiliar.importarDC</i>	61
M	Rotina <i>auxiliar.importarIR</i>	64
N	Função <i>auxiliar.filtrarPV</i>	67
O	Função <i>auxiliar.filtrarDC</i>	69
P	Rotina <i>auxiliar.transporDC</i>	72
Q	Rotina <i>auxiliar.copiarPV</i>	75
R	Rotina <i>aux.tarifas_boa</i>	78
S	Rotina <i>auxiliar.solar</i>	80
T	Rotina <i>monitoring.importsma</i>	88
U	Rotina <i>monitoring.aquidados</i>	90

<i>CONTEÚDO</i>	xi
V <i>Rotina monitoring.mes</i>	93
W <i>Rotina monitoring.dia</i>	96
X <i>Rotina monitoring.year</i>	99
Y <i>Rotina monitoring.novocalc</i>	102
Z <i>Rotina monitoring.calc_tir</i>	111
AA <i>Rotina monitoring.novocliente</i>	113

Lista de Figuras

1.1	Evolução da produção bruta de energia elétrica em Portugal [2]	2
2.1	Distribuição de proveitos entre todas as entidades envolvidas num típico contrato ESCO [8]	6
2.2	Fluxograma de procedimento num projeto ESCO [12]	7
2.3	Esquema do tipo de contrato <i>Shared Savings</i> [13]	9
2.4	Esquema do tipo de contrato <i>Guaranteed Savings</i> [13]	9
2.5	Esquema do tipo de contrato <i>Chauffage</i> [13]	10
2.6	Histórico de consumo e esquematização da poupança [4]	13
3.1	Excerto de uma folha com valores de radiância	19
3.2	Excerto da folha de resultados <i>Relatório ESCO</i>	23
3.3	Excerto da folha de valores acumulados de energia produzida	23
3.4	Excerto da folha de valores não acumulados de energia produzida	24
3.5	Excerto da folha de <i>historico</i>	24
3.6	Excerto de código referente ao cálculo da energia consumida e produzida	26
3.7	Excerto de código referente ao cálculo dos <i>cash-flows</i>	27
3.8	Excerto de código referente à determinação dos custos	28
3.9	Excerto da folha <i>Proposta ESCO</i>	30
3.10	Excerto da folha <i>Auto-Financiamento</i>	30
3.11	Gráfico exemplo da evolução do <i>cash-flow acumulado</i>	30
3.12	Gráfico exemplo da evolução do <i>Acumulado Cliente</i>	31

Lista de Tabelas

3.1	Variáveis requeridas do utilizador	21
3.2	Níveis de alerta	25

Abreviaturas e Símbolos

EPC	Energy Performance Contract
ESCO	Energy Service Companies
EVO	Efficiency Valuation Organization
IPMVP	International Performance Measurement and Verification Protocol
M&V	Medição e Verificação
MRE	Medida de Racionalização de Energia
O&M	Operação e Manutenção
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
VAL	Valor Atualizado Líquido

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento

A temática da energia tem cada vez mais importância na atualidade devido às grandes oscilações do preço do barril de petróleo, o qual causa enormes pressões em vários setores da economia, tais como a indústria e os transportes. Por este motivo, existe um esforço por parte das entidades governamentais, nomeadamente a União Europeia (UE), para uma utilização mais eficiente da energia. Desta forma, a UE visa alcançar até 2020 uma redução de 20% em relação à projeção desse ano do consumo de energia primária, uma redução de 20% na emissão de gases de estufa relativamente aos níveis medidos em 1990 assim como visa a obtenção de uma cota de 20% de energia renovável no consumo final bruto. Em relação a Portugal, foi definido um objetivo de redução de 25% no consumo de energia primária até 2020 e ainda, o objetivo de as fontes endógenas renováveis tenham um peso de 31% do consumo final bruto de energia e supram 10% da energia no sector dos transportes [1].

De forma a atingir estes objetivos, não só deve existir oferta e desenvolvimento de produtos e serviços energeticamente eficientes, mas também incentivo a mudanças no comportamento dos consumidores com o intuito de diminuir o consumo, sem que isso diminua a qualidade de vida.

Nos últimos anos tem-se verificado uma descida na produção de energia oriunda de centrais térmicas, sendo ela substituída por energia eólica e solar, ambas de carácter renovável, como se pode constatar através da análise do gráfico representado na Figura 1.1 [2]. Embora a produção de energia hídrica seja também de carácter renovável, esta está fortemente dependente da pluviosidade, pelo que existem períodos acentuados de crescimento e decrescimento.

Com o intuito de aumentar a eficiência energética do país, devem ser criadas condições para que os sectores mais influentes sejam capazes de implementar novos equipamentos e/ou renovar alguns já existentes. Contudo, esta mudança exige avultados investimentos, sendo que a maioria das empresas do tecido empresarial português não tem capacidade financeira para os realizar. É nesta área de atuação que aparecem as empresas do tipo *Energy Service Companies* (ESCO).

As empresas do tipo ESCO podem ser comparadas com empresas de consultoria energética a nível de conhecimento. Contudo, além de realizarem estudos para implementação de medidas

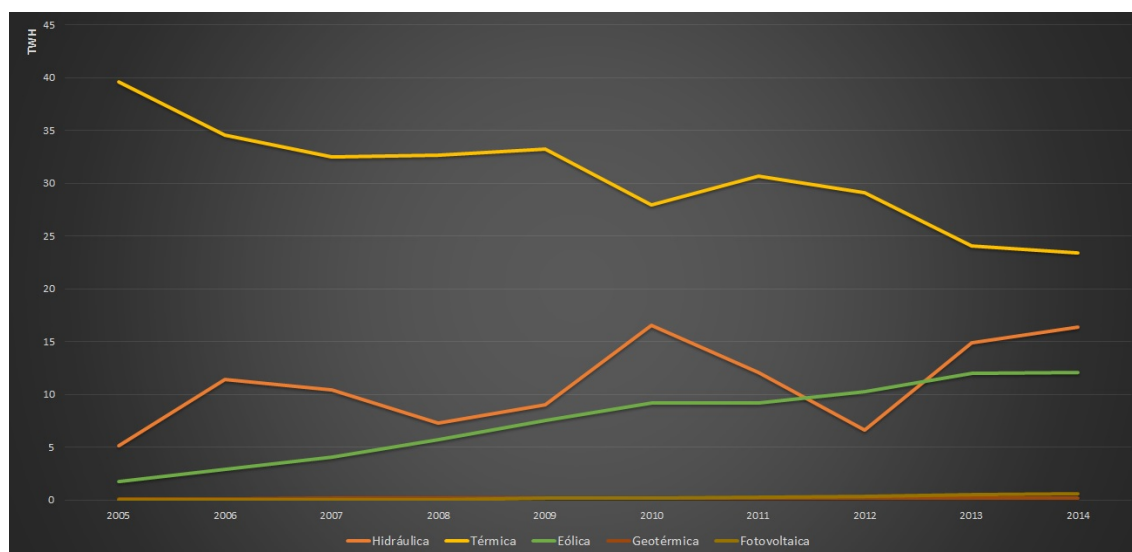


Figura 1.1: Evolução da produção bruta de energia elétrica em Portugal [2]

com o intuito de aumentar a eficiência energética, estas arriscam os proveitos gerados na poupança de energia resultante das medidas por elas implementadas [3].

Todas as medidas previstas a serem implementadas, bem como o seu modo de operação e condições de implementação estão definidas no *Energy Performance Contract (EPC)*. Neste contrato, celebrado entre o cliente e as ESCO, está também definido o financiador do projeto, a duração da partilha de receitas bem como o seu valor [3].

1.2 Motivação

Hoje em dia, devido ao aumento da preocupação com o consumo de energia, a eficiência energética torna-se um assunto preponderante, principalmente na área da engenharia eletrotécnica.

Uma das soluções para atacar o problema do consumo excessivo de energia, principalmente na indústria, é a utilização do modelo de negócio ESCO, de forma a que a disponibilidade financeira de uma determinada entidade não seja um entrave à implementação de medidas com o intuito de aumentar a eficiência energética.

Num projeto realizado por uma ESCO, existem várias variáveis que devem ser estudadas ao pormenor visando o melhor rendimento possível e um menor *payback*. Como neste tipo de projetos podem existir um ou mais financiadores, ou até diferentes divisões de proveitos, torna-se imperativo achar uma solução otimizada com todas as variáveis e custos associados ao projeto.

No campo da otimização de um problema matemático com diversas variáveis, torna-se essencial recorrer a ferramentas informáticas para a resolução do problema, no menor tempo possível. Contudo, são quase inexistentes as ferramentas informáticas apontadas à resolução destes problemas.

Na aglomeração de todos estes tópicos, tornou-se óbvio que o desenvolvimento da ferramenta proposta na presente dissertação aumentaria o rendimento e a rapidez na elaboração de contratos de performance, bem como um aumento da competitividade para a entidade que usufrui desta ferramenta. Desta forma, torna possível a realização de um contrato de performance uma vez recolhidas todas as variáveis necessárias ao projeto, bem como a apresentação de todos os parâmetros financeiros imprescindíveis a todas entidades envolvidas.

1.3 Objetivos

O objetivo desta dissertação é o desenvolvimento de uma ferramenta que acelere o processo de criação e elaboração de um EPC, detalhando a informação técnica e financeira referente a um determinado projeto, bem como todos os procedimentos de Medição e Verificação (M&V).

Numa primeira etapa, torna-se essencial levantar e caracterizar todas as tecnologias e técnicas que melhoram a eficiência energética. Deste modo, a ferramenta estará apta a responder com soluções atuais e inovadoras, na conjuntura do mercado atual. Serão alvo de estudo variados projetos reais de eficiência energética segundo o modelo ESCO, bem como o estudo do *International Performance Measurement and Verification Protocol* (IPMVP) [4], com o intuito de explorar e otimizar o modelo de negócio.

Seguidamente, é essencial conceber o modelo matemático de otimização do número de painéis a instalar. O mesmo deve ir de encontro aos tópicos previamente estudados e ser capaz de reproduzir soluções ótimas para os diferentes projetos analisados. Este modelo será a base de toda a programação da ferramenta, de forma a obter os *outputs* desejados.

A ferramenta deve ser capaz de funcionar sobre diversos parâmetros, devendo ser capaz de prever variações destes, tais como partilhas de risco, partilhas de financiamento e tipo de EPC. O objetivo será sempre extrair a solução ótima fazendo uso desses parâmetros como *inputs*.

No final do processo, a ferramenta deverá possuir a capacidade de analisar dados provenientes dos sistemas de monitorização de forma a criar um relatório sobre o rendimento da instalação em estudo. Deve ainda recalcular todos os parâmetros financeiros tendo em conta a produção registada.

Para concluir, serão realizados vários ensaios a comparar soluções de projetos previamente estudadas e executar uma análise de sensibilidade da ferramenta em si.

1.4 A *Ecoinside*®

A *Ecoinside*® tem como 2006 o seu ano de fundação, onde no primeiro curso de empreendedorismo da Universidade do Porto, obteve a categoria de *1ª spin-off*.

Desde a sua criação que assume como compromisso da sua atividade o desenvolvimento económico sustentado aliado à preservação ambiental. Possui ainda acesso às mais recentes tecnologias e estudos científicos através do contato com o meio académico.

A *Ecoinside*® oferece um vasto leque de serviços na área da eficiência energética aliado a um já reconhecido *know-how*. Serviços como auditorias e certificações energéticas em conjunto com a aplicação de tecnologias inovadoras, de modo que se comprometem a criar valor através da redução e racionalização dos consumos energéticos, otimização de consumos de água, gestão e valorização dos desperdícios e resíduos produzidos, e redução de emissões de gases.

No seu método de trabalho apresenta ao cliente várias soluções, cada uma com o tempo de retorno de investimento definido, bem como a partilha de risco que está disposta a assumir. Aposta ainda as suas remunerações sobre as poupanças realizadas.

A *Ecoinside*® pretende tornar-se uma empresa de referência global nas áreas de ecoeficiência, sustentabilidade e biodiversidade, e tem como missão inculcar na estratégia empresarial essas mesmas áreas e conceitos [5] [6].

1.5 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se estruturada em quatro capítulos, sendo a introdução o primeiro desses capítulos.

No capítulo 2 é exposto o estado da arte, onde serão abordados temas como a definição de ESCO, as diversas fases de um projeto ESCO e ainda os diferentes tipos de EPCs. É ainda realizada uma extensa abordagem ao IPMVP, onde são expostos os seus objetivos bem como os diversos procedimentos para determinar a poupança obtida após a implementação de uma Medida de Racionalização de Energia (MRE).

O desenvolvimento da ferramenta é abordado no capítulo 3. Nele serão expostas as vertentes da obtenção e tratamento de dados, bem como a metodologia do critério de otimização e a respetiva verificação da produção fotovoltaica numa instalação.

Para concluir, no capítulo 4 são discutidas as diversas conclusões identificadas ao longo de desenvolvimento da presente dissertação, bem como possíveis trabalhos futuros e propostas de melhoramento.

São ainda expostos 27 anexos, onde são apresentados os vários *outputs* da ferramenta, os *templates* suportados, bem como o código das rotinas/funções explicitadas nesta dissertação.

Capítulo 2

Estado da Arte

Neste capítulo serão aprofundados temas teóricos no âmbito do desenvolvimento da ferramenta, tais como a definição de uma ESCO, bem como o seu funcionamento e tipos de contrato. Será também realizada uma análise teórica ao IPMVP, abordando diversos aspetos do mesmo.

2.1 O que são as ESCO?

Com o aumento de entidades que promovem a eficiência energética na Europa, segundo o modelo ESCO, tem sido realizado um esforço por parte da União Europeia para normalizar este conceito nos estados membros. Um dos marcos mais importantes neste campo foi a promulgação da Diretiva 2006/32/CE, onde são uniformizadas as principais definições no campo da eficiência energética. Pode-se definir uma ESCO como uma pessoa singular ou coletiva que fornece serviços de eficiência energética. Os seus proveitos serão baseados na poupança conseguida através da implementação das medidas de eficiência energética [7].

Aquando da realização de um projeto ESCO, é necessário definir que medidas serão implementadas, como serão implementadas e, não menos importante, como serão distribuídos os proveitos da poupança entre todas as partes envolvidas no processo. Estes parâmetros são definidos no EPC, o qual, segundo a Diretiva 2006/32/CE, explicita o acordo contratual entre o beneficiário e o fornecedor relativo a uma medida de melhoria de eficiência energética [7].

Nestes projetos é bastante comum existir financiamento por parte de terceiros, podendo estes ser uma ESCO ou não. Estes financiam o projeto inicialmente, recebendo parte dos proveitos gerados pela poupança das medidas implementadas durante um tempo previamente definido, de forma a rentabilizar o investimento inicial, estando este processo representado no esquema da Figura 2.1 [7].

Num projeto de eficiência energética estão envolvidas várias áreas de conhecimento, em que a ESCO pode, ou não, ter especialistas nessas mesmas áreas. É possível subcontratarem outras ESCO para realizarem o estudo em determinada área ou até na instalação de equipamentos, embora só uma ESCO é que celebra o EPC com o cliente. Devido a isto, podem existir várias maneiras de classificar uma ESCO. Uma das maneiras de o fazer, é dividir as ESCO conforme

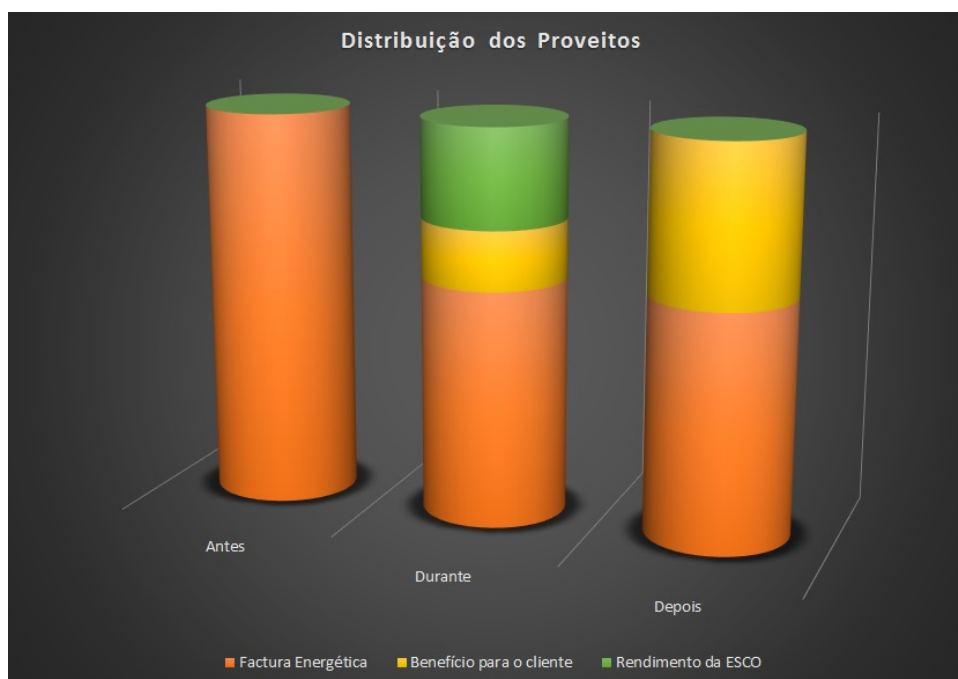


Figura 2.1: Distribuição de proveitos entre todas as entidades envolvidas num típico contrato ESCO [8]

o seu método de subcontratação. A *Consulting ESCO* possui a capacidade de desenvolver projetos de engenharia, contudo falta a experiência na instalação dos equipamentos, enquanto que a *Broker ESCO* subcontrata colaboradores tanto da área de engenharia, como de instalação e de equipamento. Por outro lado, *Full-scale ESCO* é capaz de fornecer todas as capacidades essenciais. E por último, *SuperESCO*, a qual é semelhante a uma *full-scale* mas também fornece energia aos seus cliente [9].

Contudo, existem entidades, como a *London Energy Partnership* [10], que agrupa as ESCO segundo o setor que as mesmas operam, para quem são os benefícios e se têm apoios públicos. Desta maneira, existem cinco grupo, sendo eles [10]:

- Gerida pelo setor público sem, ou muito pouco, envolvimento do setor privado;
- Gerida pelo setor público, onde o setor privado está envolvido no planeamento e construção;
- Gerida pelo setor público, mas esta é adquirida e implementada pelo setor privado. Contudo não opera totalmente segundo os princípios de contratos de performance de energia;
- Gerida pelo setor público ou privado, e opera segundo os princípios dos contratos de performance de energia;
- Gerida pelo setor privado com ou sem apoios públicos.

Resumindo, uma ESCO, além de fornecer serviços de engenharia, disponibiliza também financiamento, manutenção de equipamento e garantias de poupança e performance [11].

2.2 Fases de um Projeto ESCO

A realização de um projeto ESCO deve ser dividida em quatro fases, estando estas representadas no fluxograma ilustrado na Figura 2.2.

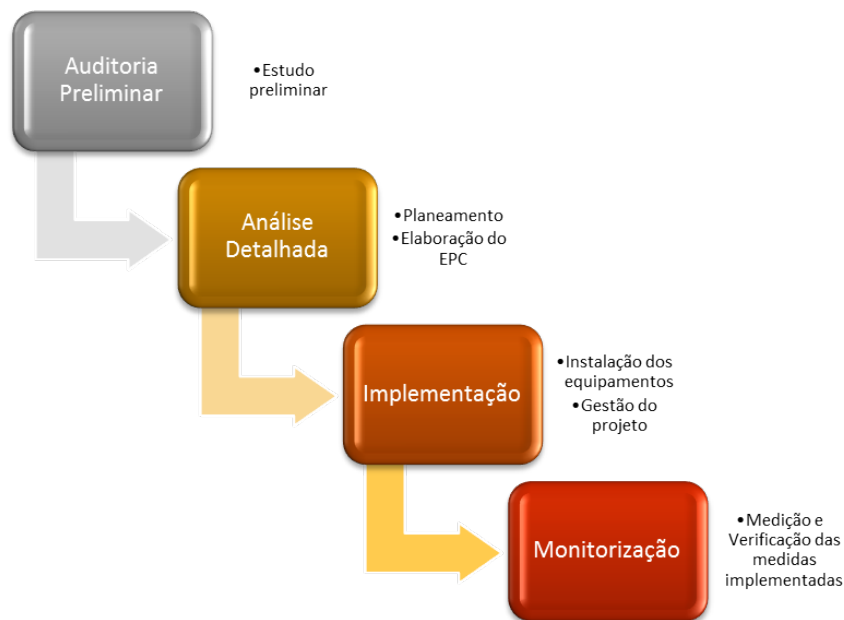


Figura 2.2: Fluxograma de procedimento num projeto ESCO [12]

2.2.1 Auditoria Preliminar

A primeira fase consiste numa auditoria preliminar, a qual vai identificar os gastos de energia da instalação em estudo [11]. Esta fase pode não ser realizada pela ESCO e desta forma deve ser paga pelo cliente, pois ainda não existe qualquer contrato elaborado.

2.2.2 Análise Detalhada

Nesta etapa do projeto, depois de ter os dados da auditoria preliminar, realizam-se os cálculos de engenharia de forma a obter um valor para as poupanças esperadas com as medidas de eficiência energética a implementar e, posteriormente, é analisada a rentabilidade financeira do projeto. Todas as previsões estarão presentes no contrato realizado entre o cliente e a ESCO.

No final desta análise, serão conhecidos todos os custos inerentes à implementação do projeto em estudo. É de esperar que quanto maior for o investimento inicial, maior serão as poupanças energéticas previstas.

Concluída a análise é realizado, entre o cliente e a ESCO, o EPC. Neste será definida a duração do contrato, bem como a remuneração para a ESCO e o proveito do cliente [12].

2.2.3 Implementação

Nesta fase inicia-se a instalação de todo o equipamento dimensionado e previsto no EPC, bem como a execução de todas as medidas de eficiência energética. Todos os custos inerentes à instalação dos devidos equipamentos devem ter sido previstos e devem estar presentes no EPC.

Uma vez que o equipamento esteja operacional e as medidas de eficiência energética a surtirem efeito, inicia-se o processo de monitorização [12].

2.2.4 Monitorização

A monitorização é essencial num projeto ESCO, pois é nesta etapa que as poupanças energéticas obtidas são comparadas com as previstas. É bastante importante que a monitorização seja rigorosa, pois a queda de poupanças afeta diretamente os rendimentos da ESCO.

Todos os custos inerentes ao processo de monitorização estão incluídos nos custos do projeto.

Anualmente é realizado um relatório em que são especificadas todas as poupanças alcançadas. O relatório também especifica o valor monetário para rescindir o contrato com a ESCO, caso o cliente o deseje [12].

2.3 Tipos de EPC

Existem vários tipos de contrato possíveis de se realizar quando se efetua um projeto com uma ESCO. Estes contratos possuem uma relevância significativa devido à sua complexidade e importância no projeto.

A escolha do tipo de contrato vai depender do tipo e dimensão da instalação, bem como a política de investimento do cliente, a duração do contrato pretendida e o retorno financeiro necessário [9].

2.3.1 *Shared Savings*

Neste tipo de EPC, a ESCO fornece a totalidade do capital necessário à implementação do projeto de eficiência energética, como se pode verificar no esquema representado na Figura 2.3. Geralmente, a ESCO financia o projeto recorrendo a um terceiro investidor. Desta forma, o risco de performance bem como o risco de financiamento é assumido na totalidade pela ESCO.

No *shared savings* EPC é inicialmente definida uma taxa a pagar pelo cliente à ESCO de forma a que os custos de M&V, bem como custos de manutenção de equipamento e amortizações do investimento sejam cobertos. Esta taxa pode tomar diversos tipos [11]:

- **Variável** - depende de uma percentagem fixa das poupanças.
- **Escalada** - decresce à medida que a ESCO recupera o investimento.
- **Fixa** - toma um valor fixo e os excessos de poupança são divididos entre as duas entidades.
- **Limitada** - as poupanças vão na totalidade para a ESCO até que um montante seja atingido.

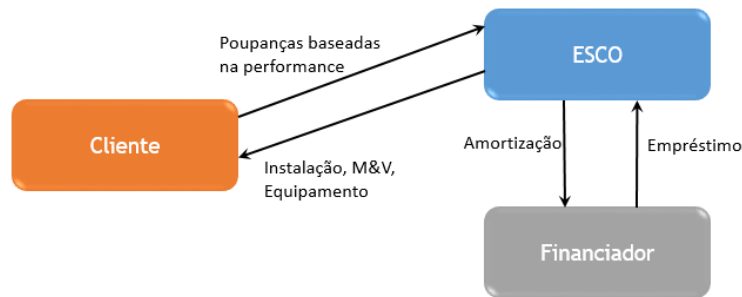


Figura 2.3: Esquema do tipo de contrato *Shared Savings* [13]

2.3.2 *Guaranteed Savings*

No tipo de contrato *guaranteed savings*, a ESCO assegura as poupanças, ou seja, define um valor de poupanças e assegura esse valor. Contudo, se as poupanças forem acima do valor previamente definido, o cliente paga a diferença à ESCO. O processo referenciado pode ser consultado no esquema representado na Figura 2.4.

Neste modelo, a ESCO não suporta riscos de financiamento. Todo o financiamento é tratado exclusivamente entre o cliente e a entidade financeira que financia o projeto. A ESCO fica responsável pela instalação do equipamento, assim como pela respectiva M&V e manutenção [9] [11].

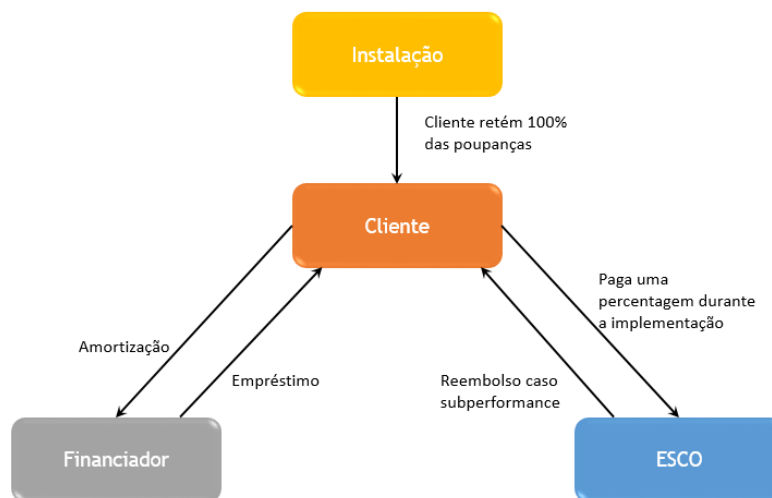


Figura 2.4: Esquema do tipo de contrato *Guaranteed Savings* [13]

2.3.3 *Chauffage*

Neste tipo de contrato, tal como é possível de constatar no esquema da Figura 2.5, a ESCO fornece o serviço completo, isto é, gestão e comercialização de energia e realização dos investimentos necessários. Nesta tipologia, o cliente compra energia à ESCO, sendo esta a proprietária dos equipamentos, e sua remuneração é baseada nas poupanças obtidas. Contudo, é tido em conta o valor da manutenção, seguros, custo de operação, bem como a parcela acordada para amortização do investimento efetuado.

Geralmente, a duração destes contratos é elevada e, no término do próprio, o equipamento é cedido ao cliente [9].

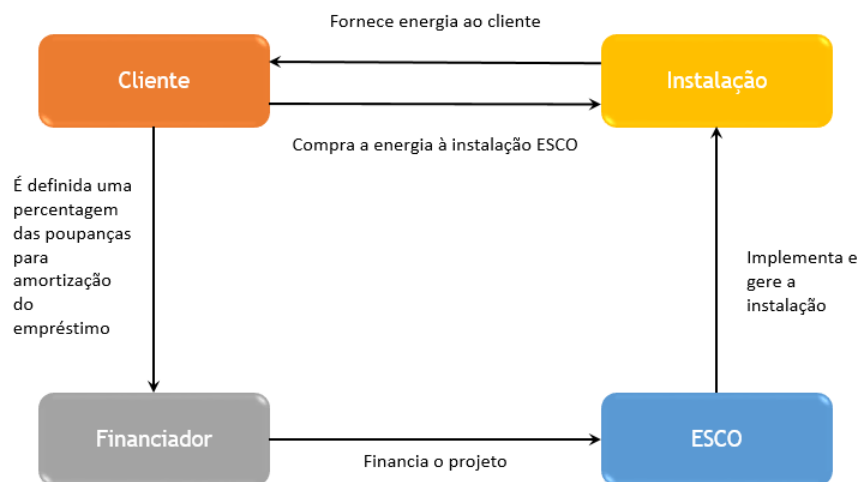


Figura 2.5: Esquema do tipo de contrato *Chauffage* [13]

2.3.4 *Build-Own-Operate-Transfer (BOOT)*

A celebração deste tipo de contrato confere à ESCO a responsabilidade de investir, implementar, monitorizar e operar toda a instalação durante um período de tempo pré-definido. O cliente compra a energia à instalação ESCO a um preço fixo. No final do tempo pré-definido contratualmente, todo o equipamento instalado é cedido ao cliente, por um preço também pré-definido contratualmente, tendo em consideração o investimento realizado, custos operacionais e lucro do projeto [9].

Este tipo de contrato é bastante vantajoso quando é necessário conhecimento em gestão eficiente da energia [14].

2.4 Medição & Verificação

Em qualquer projeto de eficiência energética, seja no modelo ESCO ou não, depois de implementadas todas as medidas, é necessário realizar medições e verificar se as soluções implementadas estão de acordo com o que foi dimensionado. Através disto, é possível saber que poupança

foi efetivamente realizada, e ajustar os contratos de maneira a que os prazos de amortização de investimentos sejam cumpridos.

A medição direta de poupança é um processo inconcretizável, pelo que é necessário medir o consumo após a implementação das MREs e comparar o consumo referente ao período homólogo anterior. No contexto de determinação das poupanças, existem diversas técnicas de M&V. Estas podem ser utilizadas pelos auditores de determinado projeto de eficiência energética para alcançar determinados fins, nomeadamente [4]:

- **Aumentar a poupança de energia** – Quando aplicadas MREs, existe a possibilidade de criar e implementar ajustes com o intuito de aumentar a poupança de energia. Desta forma, quanto mais precisa for a determinação da poupança de energia, mais informação será fornecida aos gestores da instalação de forma a possibilitar a criação dos ajustes.
- **Documentar transações financeiras** – Na maioria dos projetos de eficiência energética, principalmente nos ESCO, os pagamentos são baseados nas poupanças efetuadas pelas MREs. Neste contexto, uma base sólida para documentar o desempenho energético passa por um plano de M&V bem definido.
- **Aumentar o financiamento para projetos de eficiência** – através de um plano de M&V sólido, transparente e bem implementado, as projeções e resultados dos investimentos realizados nas MREs possuem uma maior credibilidade junto dos investidores, aumentando, desta forma, a probabilidade de obter melhores financiamentos.

Contudo, em cada medição realizada existem sempre erros. Podem resultar das diferenças entre o consumo de energia observado e o real e, geralmente, têm origem na qualidade dos equipamentos de medição, técnicas de medição e conceção do procedimento de amostragem. De forma a garantir uma previsão aceitável da poupança de energia, é necessário gerir os erros oriundos da medição e análise de dados, durante o desenvolvimento e implementação do plano de M&V [4].

2.5 Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance

Com o intuito de aumentar os investimentos na eficiência energética e consumo eficiente de água, a *Efficiency Valuation Organization* (EVO) publicou o IPMVP. Durante o seu desenvolvimento, a participação e cooperação entre as agências dos governos e especialistas nas indústrias de eficiência energética foram essenciais para existir uma normalização das metodologias de M&V.

O principal objetivo do protocolo foi a definição dos procedimentos gerais da forma de medição, cálculo e reporte das poupanças obtidas. Foram estabelecidas ainda quatro opções (A, B, C e D) para as possíveis análises a realizar de acordo com um plano de M&V para obtenção da poupança [4].

Ao longo desta secção serão abordados os diversos procedimentos de forma a ser elaborado um relatório de M&V. A determinação da poupança, bem como a escolha da opção do IPMVP tornam-se cruciais na implementação da ferramenta desenvolvida na presente dissertação.

2.5.1 Objetivos e âmbito do IPMVP

O principal objetivo do IPMVP é incentivar o aumento de investimentos na eficiência energética e no consumo eficiente de água. Para efetuar a adesão ao mesmo, é necessário a realização de um plano de M&V consoante as características do projeto de eficiência energética.

O IPMVP promove investimentos eficazes através de diversas atividades, sendo estas [4]:

- Documentação de termos comuns e de métodos para avaliar o desempenho energético de projetos de eficiência para clientes, fornecedores e investidores. Alguns destes termos e métodos podem ser utilizados em acordos de projetos, embora o IPMVP não disponibilize linguagem contratual;
- Fornecimento de métodos com diferentes níveis de custo e exatidão, com o intuito de determinar economias para toda a instalação ou para medidas individuais de racionalização energética;
- Especificação do conteúdo de um plano M&V que contempla os princípios fundamentais de M&V definidos no protocolo. O plano de M&V de cada projeto deve ser desenvolvido por um profissional qualificado;
- Aplicação de uma grande variedade de instalações, incluindo edifícios novos, edifícios já existentes e processos industriais.

2.5.2 Determinação da poupança

O processo de determinação de poupanças é essencial para a implementação das MREs. É possível determinar as áreas a intervir, energeticamente falando, de forma a aumentar a eficiência energética. Este processo consiste numa comparação entre os consumos de energia num período pré-MRE com os consumos de um período semelhante, posterior à implementação das MREs, como pode ser verificado na Figura 2.6.

Torna-se então possível calcular a poupança efetuada pelas MREs, em que esta é referente à diferença entre o valor do consumo no período de reporte e o consumo no período de referência. Assim, é possível definir poupança utilizando a Equação 2.1:

$$Poupança = (Consumo_{referência})_{Ajustado} - (Consumo_{reporte}) \quad (2.1)$$

Constata-se que o período de referência é ajustado, com o intuito de acertar os consumos de referência e de reporte sob um conjunto de condições. Estas condições proveem da ocorrência de alterações na utilização de energia relacionada indiretamente com a implementação das MREs, através de mudanças periódicas no consumo, tal como uma redução dos níveis de produção, ou por fatores externos tais como as condições meteorológicas [4].

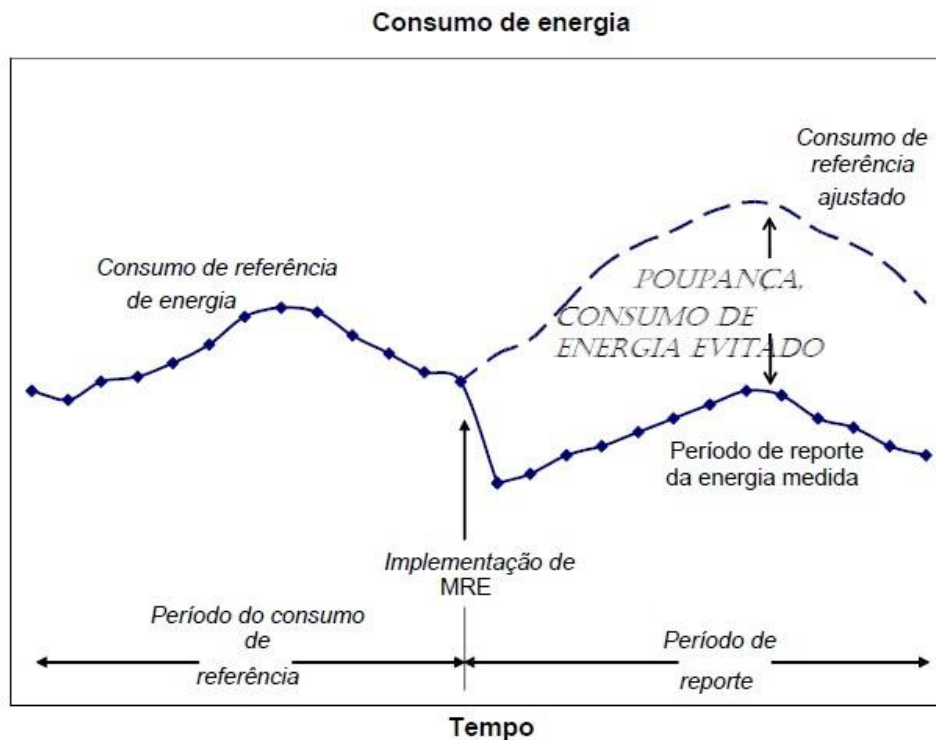


Figura 2.6: Histórico de consumo e esquematização da poupança [4]

2.5.3 Período de consumo de referência

A definição deste período de consumo é essencial a qualquer projeto de eficiência energética, pois a necessidade de adoção de MREs é definida através deste período, também considerado por período base. Neste, estão estabelecidas todas as atividades de funcionamento da instalação. No entanto, este deve obedecer a certos parâmetros e objetivos, tais como [4]:

- Representar todos os modos de funcionamento da instalação. Devido a isto, o período de consumo de referência deve cobrir todo um ciclo completo de funcionamento, desde o valor máximo de consumo de energia ao valor mínimo;
- Representar todas as condições de funcionamento de um ciclo de funcionamento normal o mais fielmente possível. No momento de escolha de um certo ano para período de consumo de referência, caso os dados de algum mês estejam em falta, estes devem ser supridos por dados comparáveis para o mesmo mês de um ano diferente. Desta forma, o registo do consumo de referência não representa por baixo as condições do mês em falta;
- Incluir apenas períodos de tempo onde todos os fatores relativos à instalação que regem a energia, sejam eles fixos ou variáveis, sejam conhecidos;

- Coincidir com o período imediatamente anterior ao momento da implementação da MRE, de forma que as condições de funcionamento anteriores que se pretende medir, estejam representadas.

2.5.4 Período de reporte

Este período deve conter, no mínimo, um ciclo de funcionamento normal da instalação ou sistema e a sua duração é definida pelo utilizador dos relatórios de poupança, de modo que a eficácia da poupança seja completamente caracterizada.

A duração do período de reporte é bastante variável, podendo esta ser referente a uma leitura instantânea ou tomar um ano ou dois. Contudo, a duração deve ser determinada tendo em conta a duração da MRE e a probabilidade de degradação ao longo do tempo da poupança original.

Independentemente da duração do período de reporte, o sistema de medição é capaz de fornecer informação dos dados adquiridos continuamente e em tempo real.

Caso a frequência de medição for reduzida após a prova inicial do desempenho energético, e de forma a garantir a manutenção da economia, é possível intensificar outras atividades de monitorização [4].

2.5.5 Opções do IPMVP

O IPMVP oferece quatro opções de M&V, acima referidas como opção A, B, C e D. Estas opções referem as diferentes abordagens possíveis para diversos projetos de eficiência energética.

A escolha de uma opção recai sobre o limite de medição. Caso o pretendido seja considerar apenas o desempenho energético da MRE aplicada, o mais correto será utilizar uma técnica de medição isolada (opção A ou B). Caso o objetivo seja determinar a poupança em toda a instalação, então a escolha mais ajustada será uma técnica de medição global (opção C ou D) [4].

2.5.5.1 Opção A: medição dos parâmetros chave

A escolha da opção A é considerada quando se pretende estudar uma melhoria isolada. Neste caso, usualmente, os fatores operacionais, tais como o número de horas de funcionamento de um determinado equipamento, são baseados em dados históricos ou em medições a curto prazo. Já os parâmetros chave, tais como a capacidade instalada, são medidos instantaneamente ou a curto prazo.

Aquando a implementação da MRE, caso um parâmetro que seja constante não venha a ser influenciado pela mesma, o valor obtido na medição durante o período de reporte é suficiente. Caso este valor sofra variações e não tenha sido medido durante os períodos de consumo de referência e de reporte, o mesmo deve ser estimado.

De modo a garantir a continuação do potencial para obter a poupança prevista e validar os parâmetros estimados, a instalação dever ser inspecionada durante o período de reporte com o intuito de verificar o funcionamento adequado e manutenção do equipamento em estudo [4].

2.5.5.2 Opção B: medição de todos os parâmetros

A opção B é a mais ajustada em casos de implementação de uma MRE com um perfil de carga variável. A utilização desta opção para medição da poupança de um equipamento requer que todas as quantidades de energia, ou mesmo todos os parâmetros necessários para calcular a energia, sejam medidos.

Embora a opção B ofereça flexibilidade para determinar a poupança na maior parte dos tipos de MREs, o custo e o grau de dificuldade da mesma é incrementado consoante a complexidade da medição [4].

2.5.5.3 Opção C: Toda a instalação

A utilização da opção C como método de medição permite determinar a poupança de todas as MREs implementadas. Contudo, impossibilita a determinação da poupança de cada equipamento individualmente. Esta opção deve ser utilizada quando a poupança prevista, obtida através da implementação das MREs numa instalação, seja considerável, isto é, superior a 10% de um consumo de referência.

Devido à grande quantidade de dados a analisar e de forma a possibilitar a realização de comparações, torna-se necessário o uso de ferramentas de análise. Estas ferramentas podem ser modelos de regressão multivariáveis, modelos que preveem os consumos energéticos através de variáveis independentes bem como técnicas matemáticas simples. No entanto, os modelos de regressão multivariáveis são mais precisos devido à consideração de variáveis independentes tais como as condições meteorológicas.

Como a determinação da poupança é realizada através da comparação da medição de toda a instalação, é necessário que sejam realizadas inspeções periódicas a todo o equipamento e operações da instalação durante o período de reporte, de modo a identificar eventuais alterações na instalação [4].

2.5.5.4 Opção D: Simulação calibrada

A opção D consiste em realizar uma simulação calibrada através da utilização de um *software* de simulação computadorizada. Esta opção deve ser utilizada em situações em que é pretendido determinar a poupança associada a MREs individuais, onde as opções A e B são bastante caras, quantificação dos dados energéticos do período de reporte bastante difíceis de obter e inexistência de dados energéticos do consumo de referência.

No dimensionamento de novas instalações, em que é pretendido incluir ações de eficiência energética, esta opção é normalmente a primeira abordagem de M&V.

Relativamente à calibração, a mesma é realizada através de uma comparação de um conjunto de dados, tais como valores de energia medidos e variáveis independentes, com a previsão de padrões de energia da instalação [4].

2.5.6 Limites de medição

Aquando a aplicação da MRE numa instalação, devem ser definidos limites fictícios da sua aplicação. Pode-se então definir uma fronteira de medição, onde todos os consumos de energia dos equipamentos ou sistema em análise devem ser medidos ou estimados. Resumindo, a poupança pode ser determinada ou recorrendo à medição do consumo de toda a instalação ou parte dela, dependendo dos objetivos. Estes objetivos estão, geralmente, relacionados com [4]:

- Caso o objetivo seja unicamente gerir e monitorizar os equipamentos alvo das MREs, deve então ser definido um limite em tornos desses equipamentos. Segundo o IPMVP, a opção a ser utilizada será a A ou a B;
- Se o objetivo for gerir o desempenho energético de toda a instalação, o IPMVP aconselha a opção C. Usando os contadores que medem o fornecimento energético, é possível determinar a poupança e o desempenho energético;
- Por último, surge a opção D, que segundo o IPMVP, deve ser usada caso os dados do período de consumo de referência ou de reporte estejam em falta ou não sejam credíveis. Desta forma, deve ser utilizado um programa de simulação de forma a obter os dados energéticos em falta.

Capítulo 3

Desenvolvimento e implementação da ferramenta

Neste capítulo será exposto todo o desenvolvimento da ferramenta alvo desta dissertação e, ao longo de várias secções, serão abordadas diferentes temáticas e vertentes da mesma.

É importante referir que alguns setores da ferramenta serão apenas referenciados e não aprofundados, devido ao facto de não pertencerem à temática da monitorização, mas sim à simulação, cujo tema será abordado na dissertação *Ferramenta de Simulação de Projetos Fotovoltaicos em Ambiente ESCO* [15].

Na secção 3.1, referente à obtenção de dados, é apresentada uma pequena abordagem dos dados principais necessários para utilizar a ferramenta, sendo estes o diagrama de cargas e os valores de radiância referentes à instalação em estudo. Ainda nesta secção, encontram-se referidas algumas restrições da ferramenta, no que diz respeito aos formatos dos dados necessários para o funcionamento da mesma.

A secção 3.2, apresenta o tratamento de dados, onde são abordados os aspetos de formatação dos dados adquiridos, de maneira a obter a folha de cálculo final, *Dados Simulação* (disponível no anexo A), da qual partirá a obtenção do número ótimo de painéis. O anexo A contém apenas um excerto da folha *Dados Simulação* devido à dimensão da mesma. Os valores ilustrados no anexo A correspondem aos resultados obtidos a um dos muitos testes realizados. É explicitado ainda a aplicação das tarifas praticadas pelos comercializadores de energia nos devidos horários.

A secção 3.3 expõe o critério de otimização do número de painéis, apresentando uma completa explicação de todo o processo matemático envolvido, de forma a obter o número ótimo de painéis. Todo este processo assenta na utilização dos dados já obtidos e formatados, disponíveis na folha de cálculo *Dados Simulação*.

Seguidamente, é apresentado o tema da verificação da produção e a respetiva análise financeira, exposto na secção 3.4. É também explicitado o processo de leitura dos dados fornecidos pelos *cluster controllers*, a respetiva formulação do processo a realizar pela ferramenta e ainda serão abordados os diversos tipos de monitorização possíveis de elaborar.

Por último, referente à secção 3.5, serão apresentados e definidas todas as variáveis, bem como as folhas de cálculo finais, que a ferramenta apresentará como *outputs*.

Neste capítulo, sempre que for necessário invocar o nome de uma função ou rotina da ferramenta, esta virá sempre acompanhada com o nome do módulo à qual pertence (*modulo.função*) assim como será apresentada a referência do anexo da presente dissertação onde está exposta a função em questão.

3.1 Obtenção de dados

A primeira abordagem da ferramenta é referente à obtenção de dados. Neste processo, é dada especial importância ao diagrama de cargas da instalação, para a qual é pretendido fazer o dimensionamento, e posterior monitorização, bem como os valores de radiação para o local em questão.

No seguimento da presente secção, são abordados alguns dados fornecidos pelo utilizador no devido momento, enquanto que outros não são mencionados uma vez que não possuem relevância para este setor da ferramenta, a monitorização, mas sim para a simulação, setor que será alvo de estudo da dissertação *Ferramenta de Simulação de Projetos Fotovoltaicos em Ambiente ESCO* [15].

3.1.1 Diagrama de cargas

Um diagrama de cargas contém o histórico de consumo de uma instalação para um determinado espaço temporal. Através dele, é possível ter conhecimento da potência consumida em determinado intervalo de tempo, sendo este valor de extrema relevância para o funcionamento da ferramenta desenvolvida.

Contudo, devido à existência de diversos *templates*, decidiu-se trabalhar sobre um único *template* que, durante a fase de testes a várias instalações, verificou-se ser o mais frequente. Este implica que o diagrama de cargas apresente os valores de potência diários em intervalos de 15 minutos. Pode-se imediatamente identificar uma restrição da ferramenta, pois a mesma só é capaz de funcionar com o *template* escolhido durante o desenvolvimento.

Para completar a importação dos diagramas de carga, o utilizador terá de selecionar os dados em que se pretende trabalhar, ou seja, selecionar unicamente os valores de potência, excluindo os cabeçalhos da seleção. Esta tarefa é elaborada pela rotina *auxiliar.importarDC* (anexo L). Esta mesma rotina, vai criar uma folha de cálculo para cada mês, com os valores de potência correspondentes.

No anexo B é possível consultar um exemplo de um diagrama de cargas no *template* aceite pela ferramenta. Devido à sua dimensão, só uma parte do mesmo se encontra exposta. Contudo é possível constatar que os valores de potência diários encontram-se apresentados em intervalos de 15 minutos.

3.1.2 Radiância

De forma a ser possível calcular uma estimativa da energia produzida por um determinado número de painéis, é imperativo ter conhecimento da radiância média em cada momento de produção.

Através da plataforma *online PVGIS* [16] é possível obter os valores de radiância média diária (valores idênticos para todos os dias, dentro do mesmo mês) para um determinado local, em intervalos de tempo de 15 minutos, como é possível de visualizar no excerto de uma folha de valores de radiância, ilustrada na Figura 3.1. É possível introduzir a latitude e longitude do local, bem como a orientação (azimute) e inclinação dos painéis previstos a instalar. Esta plataforma permite obter esses dados no formato *txt*, o que possibilita a importação direta para a plataforma *Excel*, através da rotina *auxiliar.importarIR* (anexo M). Esta rotina permite também criar folhas de cálculo para cada mês, com os valores de radiância correspondentes.

É importante referir que os valores do *PVGIS* são baseados em leituras de satélites no período entre os anos de 1998 a 2010 [16].

No anexo C é possível consultar um exemplo de uma folha completa dos valores diários de radiância média. A mesma contém informação referente à longitude e latitude do local, o mês correspondente, bem como a inclinação do plano e a respetiva orientação (azimute).

```

Results for:    May

Inclination of plane:    15    deg.
Orientation (azimuth) of plane:    0    deg.
Time                G        Gd
05:07                36        36
05:22                39        38
05:37                74        59
05:52               106        73
06:07               142        87
06:22               180       100
06:37               219       112
06:52               259       123
07:07               299       133
07:22               339       143
07:37               378       151
07:52               416       158

```

Figura 3.1: Excerto de uma folha com valores de radiância

3.2 Tratamento de dados

Devido à dimensão e quantidade de dados obtidos anteriormente, de maneira a que fosse possível programar a ferramenta, foi necessário moldar os dados para um determinado *template*. Um dos principais motivos da utilização dos *templates* acima mencionados deve-se à formatação, pois é necessário que o conteúdo inicial esteja dentro dos parâmetros definidos, bem como o conteúdo final para posterior cálculo matemático da ferramenta.

Seguindo a ordem de funcionamento da ferramenta, a primeira formatação a ser aplicada será nas folhas de cálculo que contêm os valores de radiância. Esta tarefa é elaborada pela função *auxiliar.filtrarPV* (anexo N) e irá apenas manter duas colunas de dados. A primeira coluna irá conter um intervalo de tempo, e a segunda o valor de radiância relativo ao intervalo de tempo da primeira coluna.

A formatação seguinte será nas folhas mensais de valores de potência, onde a função *auxiliar.filtrarDC* (anexo O) irá eliminar todos os valores de potência para os quais o respetivo intervalo de tempo não coincida com os intervalos de tempo das folhas de valores de radiância.

Posteriormente, a rotina *auxiliar.transporDC* (anexo P) irá copiar todos os restantes valores de potência para uma nova folha, *Dados Simulação*, e, linha a linha, irá transpor os valores de forma a que fiquem todos organizados cronologicamente numa única coluna.

Por último, a rotina *auxiliar.copiarPV* (anexo Q) copia os valores de tempo e radiância para a folha *Dados Simulação* respeitando os intervalos de tempo coincidentes. Uma folha de valores de radiância de um determinado mês será copiada tantas vezes quantos dias o mês possuir. Para terminar, a mesma rotina apaga as folhas com os valores de potência e com os valores de radiância. Desta forma, todo o trabalho posterior incidirá sobre a folha *Dados Simulação* (anexo A). No final deste processo é possível observar, no anexo A, os valores referentes de potência, tempo e radiância na primeira, segunda e terceira coluna, respetivamente.

3.2.1 Tarifas

Ainda antes de avançar para a determinação do número ótimo de painéis, é importante referir a rotina *aux.tarifas_boa* (anexo R). Esta rotina pergunta ao utilizador os valores das quatro tarifas praticadas pelo comercializador de energia, sendo estas denominadas por ponta, cheia, vazio e super vazio. De seguida, coloca-as na folha *Dados Simulação*, respeitando o horário referente a cada uma delas. No anexo A, onde se encontra ilustrado um excerto da folha *Dados Simulação*, é possível de constatar os valores de tarifas na quarta coluna.

3.3 Critério de otimização de número de painéis

Para uma dada instalação, existe um número ótimo de painéis para o qual a energia por eles produzida coincida o mais possível com a curva da energia consumida pela instalação. Desta forma, um investimento, por mais avultado que seja, será sempre mais rentável, pois evita que a energia produzida através dos painéis seja injetada na rede, a qual é vendida com 10% de desconto

sobre o valor da *pool* no Mibel, consideravelmente mais baixo quando comparado com as tarifas praticadas pelos comercializadores de energia. A tarifa da *pool* corresponde ao preço médio praticado pelos produtores de energia [17].

A otimização será calculada na rotina *auxiliar.solar* (anexo S). Inicialmente serão perguntados alguns dados ao utilizador, como se pode ver na Tabela 3.1:

Tabela 3.1: Variáveis requeridas do utilizador

Variáveis	Descrição	
Potência (kW)	Potência de cada painel	Dados fotovoltaicos
Eficiência (%)	Eficiência de cada painel	
Área (m ²)	Área de cada painel	
Garantia (anos)	Garantia oferecida pelo fabricante	
Perdas (%)	Perdas em todo o sistema	
Área Máxima (m ²)	Área disponível para instalação	
Tarifa potência horas de ponta	Tarifa aplicada ao número de horas em consumo de ponta	Dados financeiros
Tarifa Mibel	Preço da <i>pool</i>	
Percentagem para o cliente (%)	Desconto oferecido na venda de energia ao cliente	
Seguro (%)	Percentagem das receitas para seguro dos equipamentos	
Inflação (%)	Inflação praticada durante o projeto	
WACC (%)	Custo de capital praticado no projeto	

Todos estes dados são imperativamente necessários para que a ferramenta funcione. Relativamente às variáveis financeiras, estas não serão abordadas nesta secção, pois não são necessárias para a otimização. Contudo serão guardadas em memória, e mais tarde, durante o funcionamento da ferramenta, serão invocadas. O funcionamento da ferramenta assenta num modelo iterativo, onde vão ser testadas n soluções. Este n será o número de painéis a instalar, e será testado no intervalo entre:

$$\left[1, \text{Int} \left(\frac{\text{ÁreaMáxima}}{1,8} \right) \right] \quad (3.1)$$

No limite máximo do intervalo considerou-se a divisão do valor de área máxima por 1,8. Isto deve-se ao facto de que numa instalação fotovoltaica, além de se considerar a área de cada painel, é também necessário considerar espaço circulante para manutenção do equipamento. Em todos os casos considerados durante o desenvolvimento da ferramenta, a área de cada painel tomava, em média, um valor de 1,5 m².

As variáveis *Eficiência*, *Área* e *Perdas*, são necessárias para calcular a energia produzida, a qual é calculada através da Equação 3.2:

$$E_p = \left(\frac{\text{Radiância}}{1000} \right) \times \text{Eficiência} \times \text{Área} \times (1 - \text{Perdas}) \times \left(\frac{1}{4} \right) \quad (3.2)$$

É também calculada a energia consumida, utilizando os valores de potência anteriormente importados e formatados. Esta é calculada através da Equação 3.3:

$$E_c = Potência_c \times \frac{1}{4} \quad (3.3)$$

Ambas as equações possuem um coeficiente de 0,25, devido aos valores de potência consumida e radiância estarem disponibilizados em frações de 15 minutos. Desta forma, é necessário multiplicar por 0,25 para que o valor final seja apresentado em *kWh*.

Posteriormente, é calculada, para cada fração de 15 minutos, a diferença entre as duas, através da Equação 3.4:

$$dif = E_p - E_c \quad (3.4)$$

No anexo A é possível visualizar um excerto da folha *Dados Simulação*, onde se encontram todos os valores calculados acima referenciados para a solução ótima, nomeadamente a energia produzida, energia consumida e a diferença entre as duas. Encontram-se na quinta, sexta e sétima coluna, respetivamente.

O critério do número ótimo de painéis para uma instalação será baseado na média das diferenças de energia. Ou seja, a solução ótima será a solução onde a média das diferenças de energia, de cada período de tempo, com *n* painéis instalados estiver mais próxima de zero.

É importante referir que existe um limite mínimo de 10% para a Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) que servirá para filtrar as soluções ótimas. Este filtro existe de maneira a considerar unicamente soluções financeiramente viáveis, do ponto de vista ESCO.

No final da rotina, são apresentados diversos dados e resultados, energéticos e financeiros, de forma a ser apresentada ao cliente final, como pode ser consultado na Figura 3.2, a qual ilustra um excerto da folha *Relatório ESCO*, possível de consultar na totalidade no anexo D. Os valores representados resultam de um dos vários testes realizados à ferramenta.

3.4 Verificação da produção e análise financeira

Numa instalação fotovoltaica, simulada e implementada, é necessário monitorizar os valores de energia produzidos, para que os contratos ESCO sejam cumpridos. A monitorização é realizada através de dispositivos de monitorização, tais como *cluster controllers*. Estes irão armazenar os valores de energia produzidos pela central fotovoltaica, e possibilitam a exportação dos mesmos para ficheiros com o formato *csv*.

3.4.1 Dados fornecidos pelos *cluster controllers*

Como já foi mencionado, os *cluster controllers* permitem a exportação de dados no formato *csv*. Contudo, existem diversos fabricantes e não existe um *template* uniformizado. Os valores da energia produzida podem ser valores acumulados, em que em cada intervalo de tempo, esse valor é incrementado ao valor referente do intervalo de tempo anterior como está ilustrado na Figura

Nº de painéis	1316	Energia injetada no cliente	419687,22
Potência total instalada	329	Energia injetada na rede	92115,59
VAL	644.202,75 €	Percentagem energia total produzida	41,75%
TIR	17,77%	Percentagem energia consumida	82,00%
WACC (%)	4,0%	Percentagem energia injetada	18,00%
Orientação (º)	0	Inclinação (º)	15

Figura 3.2: Excerto da folha de resultados *Relatório ESCO*

3.3, ou então, em cada intervalo de tempo, é registado o valor correspondente, da mesma forma que ocorre com os diagramas de carga, possível de constatar na Figura 3.4. É possível consultar os dois tipos de formato, na sua totalidade, nos anexos E e F.

kWh
0
9491,15
9492,98
9494,84
9496,74
9498,67
9500,63
9502,63

Figura 3.3: Excerto da folha de valores acumulados de energia produzida

De forma a combater esta característica, a ferramenta foi programada para aceitar os dois *templates*. A dada altura, será questionado ao utilizador qual o *template* a ser utilizado.

A importação dos dados é elaborada pela rotina *monitoring.importsma* (anexo T). A mesma requisita ao utilizador que selecione as células dos valores de energia produzida e o respetivo espaço de tempo, excluindo o restante.

Date	Total Yield (Wh)
January 2016	16507,07
February 2016	23959,61
March 2016	36679,91

Figura 3.4: Excerto da folha de valores não acumulados de energia produzida

3.4.2 Formulação

A primeira execução da ferramenta, através da rotina *monitoring.aquidados* (anexo U), será a criação de uma nova folha de cálculo, *Dados Reais*. Esta folha será idêntica à folha anteriormente gerada, *Dados Simulação*. A razão da criação desta folha é a necessidade de atualizar os valores de energia produzida. Imagine-se o caso de, no primeiro ano de produção, se tenha verificado uma produção com um desvio de 20% em relação ao esperado. A partir deste momento, a ferramenta tomará essa produção como nominal. Contudo, caso no segundo ano a produção aumente, mais uma vez será realizada uma atualização dos valores de produção. Contudo, a atualização só é realizada no presente ano e nos futuros. Esta rotina será realizada sempre que seja efetuada uma verificação anual.

Ainda na mesma rotina, será criada uma outra folha de cálculo, *historico*, e é dirigida uma questão ao utilizador relativamente ao período da monitorização, podendo esta ser anual, mensal ou diária. Em relação à folha *historico*, esta serve como registo dos diversos desvios das produções, sejam eles anuais, mensais ou diários. A mesma está ainda dotada de um sistema semelhante a um alarme, onde a monitorização terá um determinado nível de alerta, consoante o valor do desvio, como se pode constatar na Figura 3.5. Em relação ao período de monitorização, é necessário ter conhecimento do seu tipo, por duas razões. Uma razão assenta no respetivo registo dos valores monitorizados, em que servirá para alarmar e precaver alguma situação de *subperformance*, como por exemplo a deteção de uma anomalia num dos painéis. A segunda razão, caso a monitorização seja do tipo anual, deve-se pela necessidade de se realizar uma análise financeira de forma a prever se o sistema vai cumprir os objetivos de produção definidos no EPC, bem como a respetiva monitorização com o intuito de detetar anomalias.

Mês			Ano	
Ínicio	Fim	Rendimento (%)	Ano	Rendimento (%)
fev-16	fev-16	86,28089142	1	98,52541351

Figura 3.5: Excerto da folha de *historico*

Ambas a folhas de cálculo mencionadas, *Dados Reais* e *historico*, estão disponíveis nos anexos G e H, respetivamente. Relativamente à primeira, devido à sua dimensão, só se encontra exposta um excerto da mesma. Em relação à segunda, é importante referir que os valores ilustrados são o resultado de vários testes à ferramenta.

3.4.3 Monitorização mensal

A execução da monitorização mensal fica a cargo da rotina *monitoring.mes* (anexo V), que perguntará a que mês e ano se pretende monitorizar. Esta rotina, ao receber os dados do *cluster controller*, irá compará-los com a produção referente ao mesmo intervalo de tempo, atualizado ao respetivo ano. Esta atualização é necessária devido à degradação dos painéis ao longo dos anos, mais concretamente, 1% por ano. Esta atualização é determinada através da Equação 3.5:

$$produção_{atualizada} = produção \times 0,99^{(ano-1)} \quad (3.5)$$

Uma vez comparadas as produções, consoante o respetivo rendimento, será colocado um indicador na folha *historico*. Este tipo de alarme está dividido em quatro patamares como se pode constatar na Tabela 3.2:

Tabela 3.2: Níveis de alerta

Rendimento	Nível de alerta
[0% - 70%[Vermelho
[70% - 80%[Laranja
[80% - 90%[Amarelo
> 90%	Verde

3.4.4 Monitorização diária

Relativamente à monitorização diária, esta funciona similarmente à monitorização mensal, e a rotina *monitoring.dia* (anexo W) é a responsável pela sua elaboração. A rotina irá perguntar ao utilizador a que ano e mês se refere o dia de produção. O conhecimento do dia referente não é necessário, pois como foi já mencionado na subsecção 3.1.2, a simulação diária será idêntica dentro do mesmo mês. Uma vez mais, os dados serão atualizados para o ano correspondente devido à consideração de uma queda de rendimento de 1% nos painéis, usando a Equação 3.5.

Igualmente, dependendo do rendimento, será colocado um indicador na folha *historico*. Torna-se então possível ao utilizador consultar o registo de valores de rendimento, e consoante a sua análise, intervir na instalação. Este indicador também respeita os intervalos definidos na Tabela 3.2.

3.4.5 Monitorização anual

A elaboração de uma monitorização de carácter anual é bastante mais complexa. Neste tipo, não se compara unicamente produções simuladas com produções reais, mas também se realiza uma análise financeira.

A monitorização anual fica a cargo da rotina *monitoring.year* (anexo X), a qual calcula o rendimento dos painéis para um ano de produção. Semelhante às rotinas acima mencionadas, é criado um registo na folha *historico* e atribuído um nível de alerta, que respeita os patamares definidos na Tabela 3.2.

A análise financeira partirá da rotina *monitoring.novocalc* (anexo Y), invocada durante a execução da rotina *monitoring.year*.

A primeira tarefa será aceder aos dados financeiros necessários, tais como o investimento realizado, a garantia, o preço das tarifas e o custo de capital. Estes dados estão disponíveis em diversas folhas de cálculo, todas elas facultadas pela vertente da simulação da ferramenta [15].

Seguidamente, é calculada a receita proveniente da venda de energia produzida pelos painéis. É importante referir que é aplicado um fator corretivo à energia produzida, dependendo unicamente do rendimento obtido anteriormente. Utilizando a Equação 3.4, determinam-se as diferenças. Este passo é necessário, pois caso a diferença calculada seja maior que zero, é necessário aplicar o preço da *pool* no excedente de energia vendida.

```
'ciclo para calcular a energia consumida/produzida e a receita(€)
'para todos os dados existentes
For c = 1 To conta
    energ_p(c) = Cells(c, 5) * deprec
    energ_c(c) = Cells(c, 6)
    dif(c) = energ_p(c) - energ_c(c)
    preco(c) = Cells(c, 4) * energ_c(c)

    If dif(c) < 0 Then

        rend_nom(c) = energ_p(c) * Cells(c, 4)
        rend_tar_nom = rend_tar_nom + rend_nom(c)

        rend(c) = energ_p(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen)
        energia_tar = energia_tar + energ_p(c)
        rend_tar = rend_tar + rend(c)
    Else

        rend_nom(c) = energ_c(c) * Cells(c, 4) + dif(c) * tarifa_mibel
        rend_tar_nom = rend_tar_nom + energ_c(c) * Cells(c, 4)

        rend(c) = energ_c(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen) + dif(c) * tarifa_mibel
        energia_tar = energia_tar + energ_c(c)
        rend_tar = rend_tar + energ_c(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen)
        energ_inj = energ_inj + dif(c)

    End If
Next c
```

Figura 3.6: Excerto de código referente ao cálculo da energia consumida e produzida

Como é possível constatar na Figura 3.6, consoante o valor das diferenças, podem ocorrer dois cenários distintos. Na primeira, com uma diferença negativa, a receita é calculada utilizando a Equação 3.6 e a Equação 3.7. A variável *percen* equivale ao desconto na tarifa praticada. É necessário calcular estas duas equações, para que no final seja apresentada a tarifa aplicada ao cliente e a tarifa evitada por ele.

$$receita = energia_{produzida} \times tarifa \quad (3.6)$$

$$receita = energia_{produzida} \times tarifa \times (1 - percen) \quad (3.7)$$

Caso a diferença seja positiva, é necessário considerar outra parcela no cálculo das receitas, representada na Equação 3.8 e Equação 3.9. Esta parcela será o resultado de vender a energia excedente à rede, ao preço da *pool*.

$$receita = energia_{produzida} \times tarifa + dif \times tarifa_{MIBEL} \quad (3.8)$$

$$receita = energia_{produzida} \times tarifa \times (1 - percen) + dif \times tarifa_{MIBEL} \quad (3.9)$$

Uma vez mais, é necessário determinar duas receitas para que seja possível apresentar ao cliente a tarifa praticada e a tarifa evitada.

Posteriormente, segue-se o cálculo dos *cash-flows*. Estes serão calculados ano a ano, até ao final da duração do contrato, como se pode constatar na Figura 3.7.

```
'ciclo para calcular os cash-flow e a TIR ao longo da garantia do equipamento
For j = 1 To contrato

    cash_cliente(j) = receita_cliente
    custos = (OM * (receita + receita_cliente)) + (seguro * (receita + receita_cliente))
    cash(j) = receita - custos
    cash_acum(j) = cash_acum(j - 1) + cash(j)
    cash_acum_cliente(j) = cash_acum_cliente(j - 1) + cash_cliente(j)
    oem(j) = OM * (receita + receita_cliente)
    segur(j) = seguro * (receita + receita_cliente)

    receita_final(j) = receita
```

Figura 3.7: Excerto de código referente ao cálculo dos *cash-flows*

O primeiro passo para determinar os *cash-flows* será calcular os custos referentes a cada ano. Estes custos englobam os montantes relativos à operação e manutenção (O&M) dos equipamentos mais os valores dos seguros dos equipamentos.

$$Custos = O\&M \times (receita + receita_{cliente}) + seguro \times (receita + receita_{cliente}) \quad (3.10)$$

Os valores de O&M e de seguro são definidos pelo utilizador em forma de percentagem em relação às receitas realizadas. A receita foi dividida em duas parcelas de poupança, como se constata na Equação 3.10, para posteriormente ser apresentado os valores de receita para o cliente e para o investidor. De seguida, utilizando a Equação 3.11, determinam-se os *cash-flows*.

$$cash-flow = receita - custos \quad (3.11)$$

No caso de a duração do contrato realizado com o cliente ser menor que a garantia oferecida pelo fabricante dos painéis, a ferramenta irá calcular custos repartidos até ao término do contrato. Nos anos seguintes ao término do contrato, serão apresentadas as receitas para o cliente, sem repartição das mesmas. Como é possível de constatar na Figura 3.8, a determinação dos custos e dos *cash-flows* é realizada utilizando a Equação 3.10 e a Equação 3.11, respetivamente. O valor da duração do contrato é perguntado ao utilizador durante a simulação do projeto, que será alvo de estudo da dissertação *Ferramenta de Simulação de Projetos Fotovoltaicos em Ambiente ESCO* [15].

```

For j = 1 To garantia

  If j <= contrato Then
    receita_cliente = receita_cliente + (receita_cliente * inflacao)
    receita_cliente = receita_cliente * 0.99
  Else

    custos = (OM * receita_cliente) + (seguro * receita_cliente)
    cash_cliente(j) = receita_cliente - custos
    cash_acum_cliente(j) = cash_acum_cliente(j - 1) + cash_cliente(j)
    oem(j) = OM * receita_cliente
    segur(j) = seguro * receita_cliente

    receita_final(j) = receita_cliente

    seg = seg + (seg * inflacao)
    receita_cliente = receita_cliente + (receita_cliente * inflacao)
    receita_cliente = receita_cliente * 0.99

  End If

Next j

```

Figura 3.8: Excerto de código referente à determinação dos custos

Posteriormente, a rotina *monitoring.calc_tir* (anexo Z) é invocada para calcular a TIR durante o tempo de garantia oferecido pelo fabricante. A TIR, segundo J.M. Keynes, é definida como “a taxa de desconto que tornaria o valor atual das anuidades dadas pelos retornos esperados do capital, durante a sua vida, igual ao seu preço.” [18].

Para terminar, é realizada uma análise financeira a um projeto de autofinanciamento. Este projeto será semelhante ao projeto mencionado acima, no entanto não possui um terceiro investidor. Nestes casos, é o próprio cliente que investe no equipamento. Desta maneira, todas as receitas provenientes da poupança realizada serão para o cliente.

Através da rotina *monitoring.novocliente* (anexo AA) são determinados os *cash-flows* para o projeto de autofinanciamento. O procedimento de cálculo será semelhante à rotina *monitoring.novocalc* (anexo Y), utilizando a Equação 3.6 e a Equação 3.7 para calcular a receita caso a diferença entre a energia positiva e energia negativa seja menor que zero. Caso seja maior que

zero, utiliza-se a Equação 3.8 e a Equação 3.9. Contudo, como era esperado, o procedimento para o cálculo dos custos será diferente, como se pode constatar na Equação 3.12. Isto deve-se ao facto de a receita efetuada ser para o cliente, como foi acima mencionado.

$$Custos = O\&M \times receita_{cliente} + seguro \times receita_{cliente} \quad (3.12)$$

Segue-se o cálculo dos *cash-flows*, que são determinados através da Equação 3.11.

Para um caso de autofinanciamento, a ferramenta realizará os cálculos financeiros sempre até ao ano final de garantia. Nestes casos não existe a necessidade de repartir as receitas geradas através das poupanças, devido ao facto de o investimento ter sido aplicado na totalidade pelo cliente.

3.5 Apresentação de resultados

Uma vez concluída a monitorização de uma instalação fotovoltaica, é necessário imprimir diversos valores, onde o seu conhecimento é essencial no funcionamento e manutenção da instalação.

As variáveis apresentadas pelas folhas que expõem os resultados referentes ao projeto ESCO e ao modo de autofinanciamento, possíveis de constatar nas Figuras 3.9 e 3.10 são:

- **Produção Anual** – Valores de produção referentes a cada ano, apresentados em *kWh*.
- **Tarifa Evitada** – Tarifa média praticada pelo atual comercializador de energia.
- **Nova Tarifa** – Tarifa média praticada com desconto aplicado.
- **Diferença de Tarifa** – Diferença entre a tarifa evitada e a nova tarifa. Traduz-se na poupança por *kWh* para o cliente.
- **Acumulado Cliente** – Valor acumulado de poupanças do cliente até ao presente ano.
- **Seguro** – Valor de seguro praticado no referente ano.
- **O&M** – Valor de manutenção praticado no referente ano.
- **Benefício** – Valor monetário da venda de energia dos painéis.
- **Cash-flow** – Valor monetário do resultado do referente ano.
- **Cash-flow Acumulado** – Valor monetário acumulado dos resultados referentes aos anos anteriores.
- **Investimento Inicial** – Valor de investimento necessário para realizar a instalação.
- **Duração** – Número de anos o qual o contrato irá durar.
- **Payback** – Número de anos necessários para amortizar o investimento.

Ano	Produção Anual	Tarifa Evitada	Nova Tarifa	Diferença de Tarifa	Acumulado Cliente	Seguro	O&M	Benefício	CashFlow	CashFlow Acumulado	Investimento Inicial	Duração (anos)	Payback (anos)
1	286.245,0000	0,1266 €	0,1139 €	0,0127 €	3.498,29 €	354,24 €	1.416,95 €	31.925,39 €	30.154,21 €	179.467,80 €	209.622,00 €	25	7,05

Figura 3.9: Excerto da folha *Proposta ESCO*

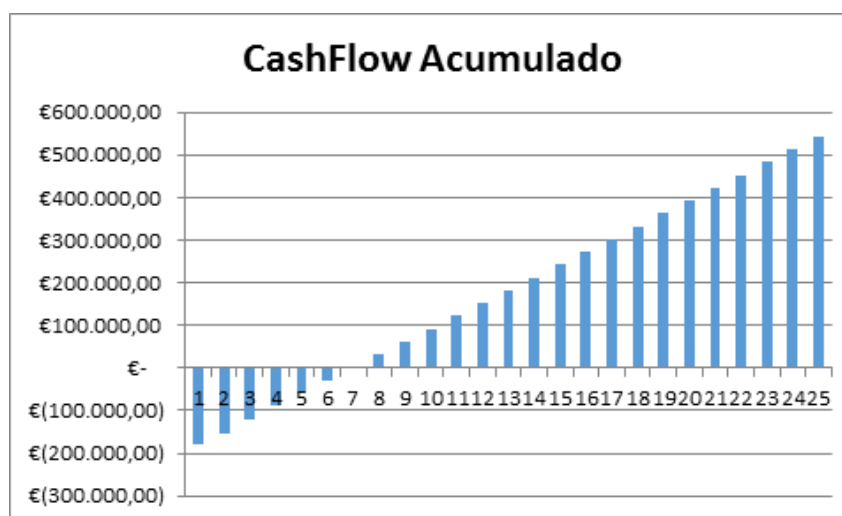
Disponíveis no anexo I e J estão expostas as folhas de cálculo completas referentes ao projeto ESCO, bem como em modo de autofinanciamento.

Ano	Produção Anual	Tarifa Evitada	Seguro	O&M	Benefício	CashFlow	CashFlow Acumulado	TIR	Investimento Inicial	Duração (anos)	Payback(anos)	VAL
1	286.245,0000	0,1266 €	354,24 €	1.416,95 €	35.423,68 €	33.652,50 €	-	175.969,50 €	-83,95 %	209.622,00 €	25	6,23 303.420,0938 €

Figura 3.10: Excerto da folha *Auto-Financiamento*

Contudo, na folha de cálculo *Auto-Financiamento*, não são apresentadas as variáveis *Nova Tarifa* e *Diferença de Tarifa* bem como *Acumulado Cliente*. Estas não são apresentadas, pois no modo de autofinanciamento, as receitas são todas para o cliente final. No entanto, nesta folha são ainda apresentados os valores do Valor Atualizado Líquido (VAL) e da TIR.

Em ambas as folhas mencionadas, é apresentado um gráfico semelhante ao da Figura 3.11, em que é exposto a evolução do *cash-flow acumulado*. Na folha *Proposta ESCO* é ainda apresentado um gráfico do mesmo estilo que retrata a evolução da variável *Acumulado Cliente* ao longo dos anos, ilustrado na Figura 3.12.

Figura 3.11: Gráfico exemplo da evolução do *cash-flow acumulado*

Nos anexos D e K é possível consultar, na sua totalidade, as folhas *Relatório ESCO* e *Relatório Auto-Financiamento*, respetivamente. Estas folhas possuem um resumo dos resultados energéticos e financeiros para os respetivos casos, como se pode constatar no excerto ilustrado na Figura 3.2. Os resultados expostos foram obtidos através de testes realizados à ferramenta, de forma a comprovar o seu funcionamento. Vários valores expostos não foram calculados, mas sim fornecidos pelo utilizador ainda durante a fase de simulação.



Figura 3.12: Gráfico exemplo da evolução do *Acumulado Cliente*

Grande parte dos valores expostos já foram abordados nesta dissertação, sobrando alguns que carecem de explicação e se encontram ilustrados na Figura 3.2, sendo eles:

- **Energia Consumida anual** – Representa a energia consumida pelo cliente durante o ano alvo de estudo. É obtida através do somatório de todos os valores de energia consumida em cada intervalo de tempo.
- **Energia "injetada" no cliente** – Representa a quantidade de energia produzida pelos painéis que será consumida pelo cliente.
- **Energia injetada na rede** – Representa a quantidade de energia produzida pelos painéis que não será consumida pelo cliente, e será injetada na rede elétrica.
- **Percentagem energia total produzida** – Representa o rácio de energia produzida num ano, com a energia consumida num ano.
- **Percentagem energia consumida** – Representa a energia produzida pelos painéis que será consumida pelo cliente, em relação à energia total produzida.
- **Percentagem energia injetada** – Representa a energia produzida pelos painéis que não será consumida pelo cliente, e sim injetada na rede elétrica, em relação à energia total produzida.

Resumindo, os resultados retornados pela ferramenta permitem que tanto a ESCO como o cliente tenham acesso a um vasto conjunto de dados. Desta maneira é possível prevenir quedas de produção, bem como detetar avarias.

Capítulo 4

Conclusões

No presente capítulo serão expostas as respectivas conclusões do desenvolvimento da ferramenta. Inicialmente serão abordados os objetivos alcançados bem como a qualidade dos resultados obtidos. Para terminar, serão propostos possíveis trabalhos futuros a serem desenvolvidos, com o intuito de melhorar a ferramenta implementada.

4.1 Discussão de resultados

A preocupação ambiental está cada vez mais incutida na cultura da população e o uso eficiente da energia é uma das principais vertentes, pois traduz-se também em economia e poupança. Embora a aplicação de medidas que promovam a eficiência energética em uso doméstico seja bastante acessível e económica, o mesmo não acontece para o uso empresarial. Neste meio, a aplicação de uma medida de eficiência energética tende a ser bastante dispendiosa.

Uma das formas para auxiliar as empresas a promover o uso eficiente de energia nas suas instalações é a aplicação do modelo ESCO como solução de investimento. Através deste modelo, uma entidade é capaz de implementar uma medida, independentemente do capital disponível para investimento.

Embora já existam algumas empresas deste tipo em Portugal, existem vários entraves à aplicação deste modelo, principalmente legislativos e financeiros. Devido a estes entraves, é imperativo que estas empresas sejam competitivas e inovadoras, de forma a serem capazes de conquistar o mercado [19].

A presente dissertação, em conjunto com a dissertação *Ferramenta de Simulação de Projetos Fotovoltaicos em Ambiente ESCO* [15], procurou desenvolver soluções de simulação e monitorização para projetos fotovoltaicos, os quais hoje em dia são uma aplicação bastante rentável. Contudo, a sua implementação e manutenção ainda é bastante dispendiosa.

A ferramenta desenvolvida é capaz de apresentar um número ótimo de painéis para uma dada instalação, bem como analisar, energeticamente e financeiramente, a instalação fotovoltaica. Desta forma, tanto o cliente como a ESCO, possuem um maior conhecimento da instalação, tal como o seu rendimento, bem como a margem de manobra financeira que podem ter aquando a ocorrência

de um desvio inesperado. Apresenta ainda soluções para ambas as metodologias nos contratos ESCO, onde numa o cliente recebe uma parcela das receitas sem investir na instalação ou então investe a 100% na instalação, recebendo todas as receitas geradas.

O objetivo da dissertação era a geração de um EPC automaticamente, apresentando no final, todos os dados energéticos e financeiros relativos à solução ótima obtida, bem como da monitorização realizada. No entanto, a primeira abordagem da ferramenta consiste em pedir bastantes dados da instalação ao utilizador. Em relação ao tempo de computação para gerar a solução ótima, este é bastante moroso, aumentando quão maior for a área da instalação.

A característica relevante da ferramenta desenvolvida é a capacidade de aliar a análise de dados energéticos, obtidos através da monitorização correspondente, com uma correta atualização dos parâmetros financeiros do projeto em estudo. Os níveis de alerta retornados pela análise dos dados correspondentes à monitorização, seja ela diária, mensal ou anual, permitem dar a conhecer o estado da instalação fotovoltaica. Desta forma é possível transmitir a gravidade do estado da instalação aos responsáveis pela manutenção da mesma. Relativamente à atualização dos parâmetros financeiros, esta permite que seja realizada uma análise de sensibilidade ao projeto, bem como acelera consideravelmente a criação de um relatório anual. Através disto a ESCO rapidamente toma conhecimento se será necessário renegociar o EPC realizado.

É importante destacar a robustez apresentada pela ferramenta, onde a mesma consegue suportar diversos *templates* de dados provenientes dos *cluster controllers*.

A validação dos dados referentes à monitorização foi realizada recorrendo a históricos de produções simulados, pois a empresa *Ecoinside* ainda não possui instalações fotovoltaicas implementadas na sua totalidade. Contudo, a resposta da ferramenta aos dados introduzidos foi bastante satisfatória, apresentando soluções dentro do intervalo aceitável. Em relação ao cálculo de previsão de energia produzida, a mesma também retornou resultados aceitáveis, quando comparados com a ferramenta *online PVGIS* [16].

4.2 Trabalho futuro

Ao longo do desenvolvimento da ferramenta existiu sempre a preocupação de a tornar o mais robusto e estável possível. Contudo existem vertentes dos projetos fotovoltaicos que, embora tenham sido equacionados ao longo do desenvolvimento, não foram incluídos na versão final da ferramenta por não apresentar robustez e estabilidade suficiente, sendo elas:

- **Horário de verão/inverno** – Como foi explicitado na subsecção 3.2.1, durante o tratamento de dados são inseridos os valores das tarifas, consoante o respetivo horário. Contudo, durante o verão e o inverno, o horário em que uma tarifa é aplicável, muda ligeiramente.
- **Vários templates de diagrama de cargas** – A ferramenta só aceita um *template* de diagrama de cargas, ou não será capaz de correr todas as suas rotinas, como foi abordado na subsecção 3.1.1.

- **Orientação solar** – A ferramenta é capaz de calcular o número ótimo de painéis considerando apenas uma única orientação solar. Caso uma instalação tenha duas áreas, com diferentes orientações, em que se pretenda instalar painéis, torna-se bastante moroso fazer uso da ferramenta para calcular o número ótimo.

É proposto então para trabalho futuro, o desenvolvimento de rotinas capazes de combater e ultrapassar estas vertentes, sem que a robustez e estabilidade do funcionamento da ferramenta seja posto em causa. É importante também que as rotinas a serem desenvolvidas sejam o mais automatizadas possível, de forma a não baixar o nível da ferramenta.

Referências

- [1] Conselho de Ministros. Resolução do conselho de ministros n. ° 20/2013 de 10 de abril. *Diário da República. 1.ª série*, (70), 2013.
- [2] Direção Geral de Energia e Geologia. Planeamento e estatística - 2013, 2013. Consultado em 31-03-2016. URL: <http://www.dgeg.pt?cr=13917>.
- [3] Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. Energy service companies. Consultado em 20-04-2016. URL: <http://energy.gov/eere/femp/energy-service-companies-0>.
- [4] IPMVP Committee et al. International performance measurement and verification protocol: Concepts and options for determining energy and water savings, volume i. Relatório técnico, Efficiency Valuation Organization, 2011.
- [5] Pedro Miguel Oliveira Vasconcelos. Criação de uma baseline para um contrato de desempenho energético. Tese de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2013.
- [6] Ecoinside - parcerias de futuro. Consultado em 20-06-2016. URL: <http://www.ecoinside.pt/index.php>.
- [7] Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. Directiva 2006/32/ce do parlamento europeu e do conselho de 5 de abril de 2006 relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos e que revoga a directiva 93/76/cee do conselho. *Jornal Oficial da União Europeia (JOUE)*, L, 114, 2006.
- [8] Joint Research Centre. Energy performance contracting, 2016. Consultado em 05-06-2016. URL: <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/european-energy-service-companies/energy-performance-contracting>.
- [9] Telmo Adriano Rocha Santos et al. Serviços de energia aplicados à cogeração. Tese de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Fevereiro 2010.
- [10] LLP Brodies. Making escos work: Guidance and advice on setting up and delivering an esco. Relatório técnico, London Energy Partnership, February 2007.
- [11] Bill Knox, Virginia Lew, Michael Magee, Bradley Meister, P.E., Daryl Mills, Mike Sloss, e Sharif Traylor. *How to Hire an Energy Services Company*. California Energy Commission, fifth edição, January 2000.
- [12] Michael Baechler e Lia Webster. *A Guide to Performance Contracting with ESCOs*. U.S. Department of Energy, September 2007.

- [13] International Finance Corporation. Ifc energy service company market analysis. Relatório técnico, Econoler, 2011.
- [14] Thai ESCO Association. Thai esco association & esco business model, Abril 2014.
- [15] Ricardo Filipe Campos Loureiro. Ferramenta de simulação de projetos fotovoltaicos em ambiente esco. Tese de mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2016.
- [16] PVGIS. Pv potencial estimation utility, Março 2016. URL: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>.
- [17] Ministério do Ambiente Ordenamento do Território e Energia. Decreto-lei n.º 153/2015. *Diário da República*, 2014.
- [18] J.M. Keynes. *The general theory of employment, interest and money*. Books for college libraries. Harcourt, Brace, 1936.
- [19] Paolo Bertoldi, Benigna Boza-Kiss, Strahil Panev, e Nicola Labanca. Esco market report 2013. Relatório técnico, European Commission - Institute for Energy and Transport, 2013.

Anexo A

Folha de Cálculo *Dados Simulação*

Anexo B

Diagrama de Cargas

Dia	00:15	00:30	00:45	01:00	01:15	01:30	01:45	02:00	02:15	02:30	02:45	03:00	03:15	03:30	03:45	04:00	04:15
1	198,0	191,0	189,0	190,0	191,0	190,0	189,0	191,0	191,0	198,0	196,0	180,0	178,0	176,0	176,0	178,0	176,0
2	127,0	126,0	129,0	126,0	129,0	127,0	126,0	130,0	127,0	128,0	128,0	139,0	133,0	137,0	137,0	133,0	124,0
3	97,0	96,0	97,0	101,0	100,0	102,0	103,0	69,0	58,0	62,0	62,0	63,0	65,0	66,0	64,0	66,0	65,0
4	73,0	74,0	75,0	74,0	73,0	61,0	31,0	70,0	70,0	69,0	68,0	68,0	69,0	69,0	67,0	69,0	67,0
5	136,0	134,0	126,0	127,0	128,0	128,0	131,0	132,0	132,0	126,0	125,0	126,0	124,0	124,0	125,0	124,0	124,0
6	156,0	110,0	157,0	174,0	174,0	169,0	166,0	159,0	158,0	158,0	159,0	158,0	160,0	159,0	160,0	161,0	163,0
7	185,0	180,0	179,0	180,0	177,0	182,0	176,0	169,0	161,0	161,0	160,0	149,0	117,0	115,0	115,0	115,0	114,0
8	133,0	140,0	144,0	142,0	126,0	86,0	128,0	133,0	140,0	130,0	128,0	126,0	121,0	124,0	122,0	122,0	124,0
9	111,0	105,0	102,0	96,0	96,0	93,0	99,0	101,0	107,0	97,0	94,0	95,0	81,0	78,0	78,0	78,0	76,0
10	141,0	148,0	150,0	139,0	141,0	141,0	142,0	143,0	149,0	151,0	141,0	140,0	142,0	143,0	143,0	145,0	146,0
11	187,0	163,0	153,0	190,0	182,0	181,0	180,0	181,0	179,0	182,0	186,0	177,0	174,0	174,0	174,0	174,0	173,0
12	203,0	206,0	211,0	199,0	188,0	190,0	188,0	190,0	188,0	154,0	156,0	175,0	179,0	178,0	180,0	178,0	181,0
13	106,0	106,0	105,0	111,0	95,0	100,0	86,0	38,0	74,0	82,0	81,0	78,0	74,0	74,0	76,0	77,0	76,0
14	29,0	41,0	35,0	32,0	22,0	21,0	21,0	25,0	32,0	32,0	54,0	56,0	42,0	41,0	41,0	40,0	41,0
15	170,0	174,0	172,0	181,0	171,0	167,0	167,0	162,0	171,0	176,0	169,0	161,0	157,0	158,0	160,0	161,0	162,0
16	202,0	215,0	206,0	195,0	147,0	151,0	216,0	218,0	219,0	218,0	214,0	211,0	200,0	201,0	201,0	199,0	198,0
17	187,0	190,0	191,0	190,0	186,0	182,0	177,0	179,0	179,0	179,0	184,0	177,0	168,0	135,0	68,0	68,0	68,0
18	88,0	95,0	81,0	81,0	81,0	80,0	81,0	80,0	80,0	81,0	78,0	72,0	68,0	68,0	70,0	74,0	77,0
19	68,0	70,0	71,0	71,0	68,0	70,0	69,0	70,0	75,0	61,0	58,0	60,0	56,0	57,0	59,0	60,0	61,0
20	131,0	124,0	125,0	125,0	121,0	122,0	125,0	124,0	126,0	125,0	127,0	126,0	122,0	124,0	126,0	128,0	130,0
21	161,0	170,0	168,0	194,0	183,0	185,0	196,0	186,0	188,0	186,0	190,0	189,0	189,0	178,0	173,0	172,0	170,0
22	172,0	171,0	170,0	168,0	164,0	161,0	162,0	156,0	163,0	155,0	158,0	155,0	152,0	153,0	156,0	156,0	157,0

Anexo C

Ficheiro *txt* de Radiância

Latitude: 41°27'11" North,
Longitude: 7°41'27" West

Results for: May

Inclination of plane:	15	deg.
Orientation (azimuth) of plane:	0	deg.
Time	G	Gd
05:07	36	36
05:22	39	38
05:37	74	59
05:52	106	73
06:07	142	87
06:22	180	100
06:37	219	112
06:52	259	123
07:07	299	133
07:22	339	143
07:37	378	151
07:52	416	158
08:07	453	165
08:22	488	170
08:37	522	175
08:52	553	179
09:07	583	182
09:22	610	185
09:37	635	187
09:52	658	188
10:07	678	190
10:22	696	190
10:37	711	191
10:52	724	191
11:07	734	192
11:22	742	192
11:37	747	192
11:52	750	192
12:07	750	192
12:22	747	192
12:37	742	192
12:52	734	192
13:07	724	191
13:22	711	191
13:37	696	190
13:52	678	190
14:07	658	188
14:22	635	187
14:37	610	185
14:52	583	182
15:07	553	179
15:22	522	175
15:37	488	170
15:52	453	165
16:07	416	158
16:22	378	151
16:37	339	143
16:52	299	133
17:07	259	123
17:22	219	112
17:37	180	100
17:52	142	87
18:07	106	73
18:22	65	65
18:37	51	50
18:52	36	36
19:07	20	20

G: Global irradiance on a fixed plane (W/m2)
Gd: Diffuse irradiance on a fixed plane (W/m2)

Anexo D

Folha de Cálculo *Relatório ESCO*

Potência de cada painel (kW)
0,25

Eficiência painel (%)
14,9%

Área utilizada
2368,8

Limite de painéis
1316

Garantia máxima (anos)
25

Investimento Inicial (€)
329.000,00 €

Energia anual produzida (kWh)
511802,19

Perda de Eficiência por ano (%)
1%

Energia Consumida anual (kWh)
1225968,00

Payback (anos)
6,38

Poupança anual (€)
5.370,17 €

Duração do Contrato (anos)
25

Tarifa Aplicável (€/kWh)
0,1152 €

Tarifa Evitada (€/kWh)
0,1280 €

Tarifa Mibel (€/kWh)
0,0449 €

Inflação (%)
2,5%

Desconto (%)
10,0%

Perdas do Sistema (%)
14,0%

Nº de painéis
1316

Potência total instalada
329

VAL a 25 anos
250.743,31 €

TIR a 25 anos
16,01%

WACC (%)
8,0%

Orientação (º)
0

Energia injetada no cliente
419687,22

Energia injetada na rede
92115,59

Percentagem energia total produzida
41,75%

Percentagem energia consumida
82,00%

Percentagem energia injetada
18,00%

Inclinação (º)
15

Anexo E

Ficheiro *csv* de valores agrupados

Version CSV1 Tool CLUSTERCONTROLLER Linebreaks CR/LF Delimiter semicolon Decimalpoint comma Precision 2				
	Cluster Controller	Cluster Controller	Cluster Controller	Cluster Controller
	Cluster Controller	Cluster Controller	Cluster Controller	Cluster Controller
	165004148	165004148	165004148	165004148
	Metering.TotWhOut	Operation.GriSwCnt	Metering.TotOpTms	Metering.TotFeedTms
	Counter	Counter	Counter	Counter
DD.MM.YYYY hh:mm	kWh		h	h
12.05.2015 00:00	0	65	978,91	930,28
12.05.2015 00:05	9491,15	65	979,08	930,44
12.05.2015 00:10	9492,98	65	979,24	930,61
12.05.2015 00:15	9494,84	65	979,41	930,77
12.05.2015 00:20	9496,74	65	979,57	930,94
12.05.2015 00:25	9498,67	65	979,74	931,1
12.05.2015 00:30	9500,63	65	979,9	931,27
12.05.2015 00:35	9502,63	65	980,07	931,43
12.05.2015 00:40	9504,69	65	980,24	931,6
12.05.2015 00:45	9506,77	65	980,4	931,76
12.05.2015 00:50	9508,9	65	980,57	931,93
12.05.2015 00:55	9511,06	65	980,73	932,1
12.05.2015 01:00	9513,26	65	980,9	932,26
12.05.2015 01:05	9515,48	65	981,06	932,43
12.05.2015 01:10	9517,72	65	981,23	932,59
12.05.2015 01:15	9520	65	981,39	932,76
12.05.2015 01:20	9522,32	65	981,56	932,92
12.05.2015 01:25	9524,67	65	981,72	933,09
12.05.2015 01:30	9527,04	65	981,89	933,25

Anexo F

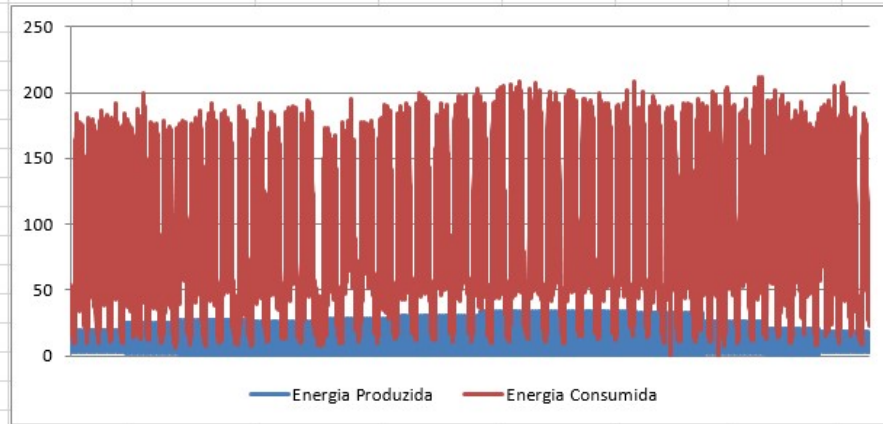
Ficheiro *csv* de valores não agrupados

Date	Total Yield (Wh)	Specific Yield (kW/kWp)	Target (cum.) (Wh)	Yield/Target (%)
January 2016	16507,07	44,837	132000	103,802
February 2016	23959,61	44,16	410143	-35,399
March 2016	36679,91	90,307	594000	-8,781
April 2016	37995,75	95,896	726000	-20,747
May 2016	47428,8	55,156	281032	17,757

Anexo G

Folha de Cálculo *Dados Reais*

								Novas Simulações								
								0	1	2	3	4	5	6	7	8
121,0	7:37:00 AM	103	0,095331997	3,798977852	30,25	-26,4510231	0,325947732									
130,0	7:52:00 AM	154	0,095331997	5,680025101	32,5	-26,8199749	0,487339318									
72,0	8:07:00 AM	194	0,095331997	7,155356407	18	-10,84464359	0,613920927									
152,0	8:22:00 AM	232	0,095331997	8,556921005	38	-29,44307899	0,734173536									
213,0	8:37:00 AM	268	0,095331997	9,884719849	53,25	-43,36528015	0,848097026	-€ 209.622,00	€ 30.154,21	€ 28.583,31	€ 30.147,24	€ 30.144,23	€ 30.141,21	€ 30.138,20	€ 30.135,19	€ 30.132,17
188,0	8:52:00 AM	301	0,095331997	11,10186672	47	-35,89813232	0,952526808	-€ 209.622,00	-€ 179.467,80	-€ 152.452,52	-€ 119.171,24	-€ 89.027,02	-€ 58.885,80	-€ 28.747,61	€ 1.387,58	€ 31.519,75
124,0	9:07:00 AM	332	0,095331997	12,24524879	31	-18,75475121	1,050627589		-85,61 %	-55,19 %	-33,10 %	-19,29 %	-10,33 %	-4,27 %	-0,02 %	3,06 %
121,0	9:22:00 AM	361	0,105861001	13,31486511	30,25	-16,93513489	1,26857245	€ 0,00	€ 3.498,29	€ 3.321,76	€ 3.497,37	€ 3.497,02	€ 3.496,67	€ 3.496,32	€ 3.495,97	€ 3.495,62
115,0	9:37:00 AM	388	0,105861001	14,31071281	28,75	-14,43928719	1,363451719									
112,0	9:52:00 AM	412	0,105861001	15,19591141	28	-12,80408859	1,447788954									
101,0	10:07:00 AM	433	0,105861001	15,97045994	25,25	-9,279540062	1,521583915									
75,0	10:22:00 AM	452	0,105861001	16,67124367	18,75	-2,078756332	1,588351011									
151,0	10:37:00 AM	468	0,105861001	17,26137543	37,75	-20,48862457	1,644575834									
140,0	10:52:00 AM	481	0,105861001	17,74085808	35	-17,25914192	1,690258503									
91,0	11:07:00 AM	492	0,105861001	18,14657402	22,75	-4,60342598	1,72891295									
70,0	11:22:00 AM	500	0,105861001	18,44164085	17,5	0,941640854	1,709590435									
114,0	11:37:00 AM	506	0,105861001	18,66293907	28,5	-9,837060928	1,77810967									
83,0	11:52:00 AM	508	0,105861001	18,73670769	20,75	-2,013292313	1,785137892									
94,0	12:07:00 PM	508	0,105861001	18,73670769	23,5	-4,763292313	1,785137892									
97,0	12:22:00 PM	506	0,095331997	18,66293907	24,25	-5,587060928	1,601257682									
120,0	12:37:00 PM	500	0,095331997	18,44164085	30	-11,55835915	1,582270503									
110,0	12:52:00 PM	492	0,095331997	18,14657402	27,5	-9,35342598	1,556954145									
89,0	1:07:00 PM	481	0,095331997	17,74085808	22,25	-4,509141922	1,522144198									
154,0	1:22:00 PM	468	0,095331997	17,26137543	38,5	-21,23862457	1,481005192									
204,0	1:37:00 PM	452	0,095331997	16,67124367	51	-34,32875824	1,430372596									
189,0	1:52:00 PM	433	0,095331997	15,97045994	47,25	-31,27954102	1,370246172									
147,0	2:07:00 PM	412	0,095331997	15,19591141	36,75	-21,55408859	1,303790927									



Anexo H

Folha de Cálculo *historico*

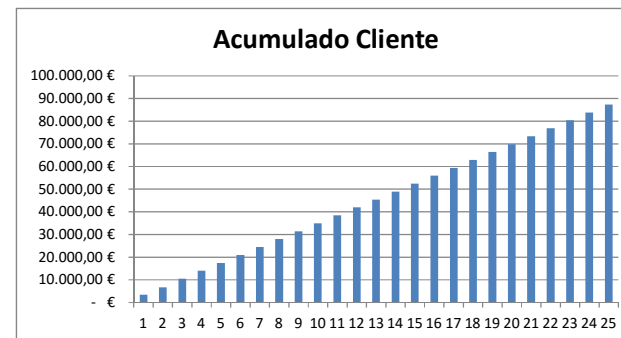
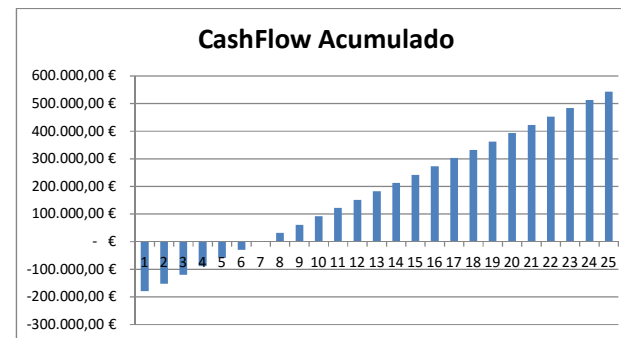
Dia			Mês			Ano	
Ínicio	Fim	Rendimento (%)	Ínicio	Fim	Rendimento (%)	Ano	Rendimento (%)
12.05.2015 00:00	12.05.2015 23:55	67,4665451	fev-16	fev-16	86,28089142	1	98,52541351
						2	94,42253876
						3	105,9028854

Anexo I

Folha de Cálculo *Proposta ESCO*

Ano	Produção Anual	Tarifa Evitada	Nova Tarifa	Diferença de Tarifa	Acumulado Cliente	Seguro	O&M	Benefício	CashFlow	CashFlow Acumulado
1	286.245,0000	0,1266 €	0,1139 €	0,0127 €	3.498,29 €	354,24 €	1.416,95 €	31.925,39 €	30.154,21 €	- 179.467,80 €
2	267.576,9688	0,1267 €	0,1141 €	0,0127 €	6.643,85 €	335,84 €	1.343,37 €	30.262,52 €	28.583,31 €	- 152.452,52 €
3	280.538,0313	0,1266 €	0,1139 €	0,0127 €	10.493,16 €	354,15 €	1.416,62 €	31.918,01 €	30.147,24 €	- 119.171,24 €
4	277.732,6563	0,1279 €	0,1151 €	0,0128 €	13.990,18 €	354,12 €	1.416,47 €	31.914,82 €	30.144,23 €	- 89.027,02 €
5	274.955,3438	0,1291 €	0,1162 €	0,0129 €	17.486,85 €	354,08 €	1.416,33 €	31.911,63 €	30.141,21 €	- 58.885,80 €
6	272.205,7813	0,1304 €	0,1174 €	0,0130 €	20.983,17 €	354,05 €	1.416,19 €	31.908,44 €	30.138,20 €	- 28.747,61 €
7	269.483,7188	0,1317 €	0,1186 €	0,0132 €	24.479,14 €	354,01 €	1.416,05 €	31.905,25 €	30.135,19 €	- 1.387,58 €
8	266.788,8750	0,1330 €	0,1197 €	0,0133 €	27.974,76 €	353,98 €	1.415,91 €	31.902,06 €	30.132,17 €	31.519,75 €
9	264.121,0000	0,1344 €	0,1209 €	0,0134 €	31.470,03 €	353,94 €	1.415,77 €	31.898,87 €	30.129,16 €	61.648,91 €
10	261.479,7969	0,1357 €	0,1221 €	0,0136 €	34.964,95 €	353,91 €	1.415,62 €	31.895,68 €	30.126,15 €	91.775,06 €
11	258.865,0000	0,1371 €	0,1234 €	0,0137 €	38.459,52 €	353,87 €	1.415,48 €	31.892,49 €	30.123,13 €	121.898,20 €
12	256.276,3438	0,1384 €	0,1246 €	0,0138 €	41.953,75 €	353,84 €	1.415,34 €	31.889,30 €	30.120,13 €	152.018,31 €
13	253.713,5781	0,1398 €	0,1258 €	0,0140 €	45.447,62 €	353,80 €	1.415,20 €	31.886,11 €	30.117,11 €	182.135,42 €
14	251.176,4375	0,1412 €	0,1271 €	0,0141 €	48.941,14 €	353,76 €	1.415,06 €	31.882,92 €	30.114,10 €	212.249,53 €
15	248.664,6719	0,1426 €	0,1284 €	0,0143 €	52.434,32 €	353,73 €	1.414,92 €	31.879,74 €	30.111,09 €	242.360,63 €
16	246.178,0313	0,1441 €	0,1297 €	0,0144 €	55.927,14 €	353,69 €	1.414,77 €	31.876,55 €	30.108,08 €	272.468,72 €
17	243.716,2500	0,1455 €	0,1310 €	0,0146 €	59.419,62 €	353,66 €	1.414,63 €	31.873,36 €	30.105,07 €	302.573,78 €
18	241.279,0938	0,1470 €	0,1323 €	0,0147 €	62.911,75 €	353,62 €	1.414,49 €	31.870,17 €	30.102,06 €	332.675,84 €
19	238.866,2969	0,1484 €	0,1336 €	0,0148 €	66.403,52 €	353,59 €	1.414,35 €	31.866,99 €	30.099,05 €	362.774,91 €
20	236.477,6406	0,1499 €	0,1349 €	0,0150 €	69.894,95 €	353,55 €	1.414,21 €	31.863,80 €	30.096,04 €	392.870,94 €
21	234.112,8594	0,1514 €	0,1363 €	0,0151 €	73.386,03 €	353,52 €	1.414,07 €	31.860,61 €	30.093,03 €	422.963,97 €
22	231.771,7344	0,1529 €	0,1376 €	0,0153 €	76.876,76 €	353,48 €	1.413,93 €	31.857,43 €	30.090,02 €	453.054,00 €
23	229.454,0156	0,1545 €	0,1390 €	0,0154 €	80.367,14 €	353,45 €	1.413,78 €	31.854,24 €	30.087,01 €	483.141,00 €
24	227.159,4688	0,1560 €	0,1404 €	0,0156 €	83.857,17 €	353,41 €	1.413,64 €	31.851,05 €	30.084,00 €	513.225,00 €
25	224.887,8750	0,1576 €	0,1418 €	0,0158 €	87.346,85 €	353,38 €	1.413,50 €	31.847,87 €	30.080,99 €	543.306,00 €

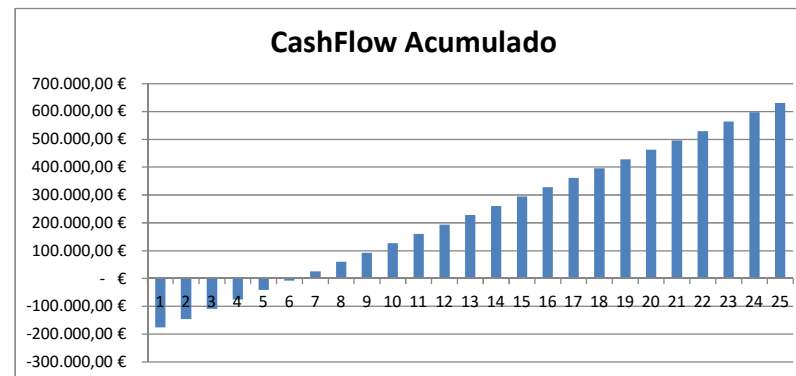
Investimento Inicial 209.622,00 € Duração (anos) 25 Payback (anos) 7,05



Anexo J

Folha de Cálculo *Auto-Financiamento*

Ano	Produção Anual	Tarifa Evitada	Seguro	O&M	Benefício	CashFlow	CashFlow Acumulado	TIR	Investimento Inicial	Duração (anos)	Payback(anos)	VAL
1	286.245,0000	0,1266 €	354,24 €	1.416,95 €	35.423,68 €	33.652,50 €	-	-83,95 %	209.622,00 €	25	6,23	303.420,0938 €
2	267.576,9688	0,1267 €	335,84 €	1.343,37 €	33.584,28 €	31.905,07 €	-	145.808,69 €	-52,14 %			
3	280.538,0313	0,1266 €	354,15 €	1.416,61 €	35.415,38 €	33.644,61 €	-	108.678,08 €	-29,75 %			
4	277.732,6563	0,1279 €	354,12 €	1.416,47 €	35.411,83 €	33.641,24 €	-	75.036,84 €	-16,00 %			
5	274.955,3438	0,1291 €	354,08 €	1.416,33 €	35.408,29 €	33.637,88 €	-	41.398,96 €	-7,20 %			
6	272.205,7813	0,1304 €	354,05 €	1.416,19 €	35.404,75 €	33.634,51 €	-	7.764,45 €	-1,31 %			
7	269.483,7188	0,1317 €	354,01 €	1.416,05 €	35.401,20 €	33.631,14 €	-	25.866,69 €	2,79 %			
8	266.788,8750	0,1330 €	353,98 €	1.415,91 €	35.397,66 €	33.627,78 €	-	59.494,47 €	5,73 %			
9	264.121,0000	0,1344 €	353,94 €	1.415,76 €	35.394,13 €	33.624,42 €	-	93.118,89 €	7,89 %			
10	261.479,7969	0,1357 €	353,91 €	1.415,62 €	35.390,59 €	33.621,05 €	-	126.739,95 €	9,51 %			
11	258.865,0000	0,1371 €	353,87 €	1.415,48 €	35.387,05 €	33.617,70 €	-	160.357,64 €	10,76 %			
12	256.276,3438	0,1384 €	353,84 €	1.415,34 €	35.383,51 €	33.614,33 €	-	193.971,97 €	11,73 %			
13	253.713,5781	0,1398 €	353,80 €	1.415,20 €	35.379,97 €	33.610,97 €	-	227.582,94 €	12,49 %			
14	251.176,4375	0,1412 €	353,76 €	1.415,06 €	35.376,43 €	33.607,61 €	-	261.190,55 €	13,10 %			
15	248.664,6719	0,1426 €	353,73 €	1.414,92 €	35.372,90 €	33.604,25 €	-	294.794,81 €	13,58 %			
16	246.178,0313	0,1441 €	353,69 €	1.414,77 €	35.369,36 €	33.600,89 €	-	328.395,72 €	13,98 %			
17	243.716,2500	0,1455 €	353,66 €	1.414,63 €	35.365,83 €	33.597,54 €	-	361.993,25 €	14,30 %			
18	241.279,0938	0,1470 €	353,62 €	1.414,49 €	35.362,29 €	33.594,18 €	-	395.587,44 €	14,56 %			
19	238.866,2969	0,1484 €	353,59 €	1.414,35 €	35.358,75 €	33.590,82 €	-	429.178,25 €	14,78 %			
20	236.477,6406	0,1499 €	353,55 €	1.414,21 €	35.355,21 €	33.587,45 €	-	462.765,69 €	14,96 %			
21	234.112,8594	0,1514 €	353,52 €	1.414,07 €	35.351,68 €	33.584,09 €	-	496.349,78 €	15,12 %			
22	231.771,7344	0,1529 €	353,48 €	1.413,93 €	35.348,14 €	33.580,74 €	-	529.930,50 €	15,24 %			
23	229.454,0156	0,1545 €	353,45 €	1.413,78 €	35.344,61 €	33.577,38 €	-	563.507,88 €	15,35 %			
24	227.159,4688	0,1560 €	353,41 €	1.413,64 €	35.341,07 €	33.574,02 €	-	597.081,88 €	15,44 %			
25	224.887,8750	0,1576 €	353,38 €	1.413,50 €	35.337,54 €	33.570,66 €	-	630.652,56 €	15,51 %			



Anexo K

Folha de Cálculo *Relatório* *Auto-Financiamento*

Potência de cada painel (kW)
0,230

Eficiência painel (%)
13,7%

Área utilizada
1562,4

Límite de painéis
868

Garantia máxima (anos)
25

Investimento Inicial (€)
209.622,00 €

Energia anual produzida (kWh)
290529,09

Perda de Eficiência por ano (%)
1%

Energia Consumida anual (kWh)
2544395,75

Payback (anos)
6,23

Poupança anual (€)
33.652,50 €

Duração do Contrato (anos)
25

Tarifa Aplicável (€/kWh)

Tarifa Evitada (€/kWh)
0,1266 €

Tarifa Mibel (€/kWh)
0,0449 €

Inflação (%)
1,0%

Desconto (%)

Perdas do Sistema (%)
14,0%

Nº de painéis
868

Potência total instalada
199,64

VAL
303.420,09 €

TIR
15,51%

WACC (%)
4,0%

Orientação (º)
0

Energia injetada no cliente
280087,72

Energia injetada na rede
10441,21

Percentagem energia total produzida
11,42%

Percentagem energia consumida
96,41%

Percentagem energia injetada
3,59%

Inclinação (º)
35

Anexo L

Rotina *auxiliar.importarDC*

```
Sub importarDC(meses As Integer) 'Para importar diagramas de carga'

    Dim pre As String
    Dim mystring As String

    mystring = "auxiliar"

    Call auxiliar.createandcheck(mystring)

    For i = 1 To meses

        pre = InputBox("mes referente (IMPORTANTE: Selecionar tabelas SEM rotulos)")
        Sheets.Add.name = pre
        Worksheets(mystring).Cells(i, 3).Value = pre 'guarda os nomes dos meses na folha auxiliar'

        Dim wkbCrntWorkBook As Workbook
        Dim wkbSourceBook As Workbook
        Dim rngSourceRange As Range
        Dim rngDestination As Range
        Set wkbCrntWorkBook = ActiveWorkbook

        With Application.FileDialog(msoFileDialogOpen)
            .Filters.Clear
            .Filters.Add "Excel 2007-13", "*.xlsx; *.xlsm; *.xlsa"
            .Filters.Add "Excel 97-2003", "*.xls; *.xlsm; *.xlsa"
            .AllowMultiSelect = False
            .Show

            If .SelectedItems.Count > 0 Then
                Workbooks.Open .SelectedItems(1)
                Set wkbSourceBook = ActiveWorkbook
                Set rngSourceRange = Application.InputBox(prompt:="Select source range", Title:="Source Range", Default:="A1", Type:=8)
                wkbCrntWorkBook.Activate
                Set rngDestination = Application.InputBox(prompt:="Select destination cell", Title:="Select Destination", Default:="A1", Type:=8)
                rngSourceRange.Copy rngDestination
                rngDestination.CurrentRegion.EntireColumn.AutoFit
                wkbSourceBook.Close False
            End If
        End With
    Next i
End Sub
```

```
        End If
    End With

    consumo = consumo + Application.Sum(ActiveSheet.UsedRange)

    Worksheets(mystring).Cells(i, 5).Value =
        Sheets(pre).UsedRange.rows.Count

Next i

Sheets("auxiliar").Range("F1").Value = (consumo / 4)
Sheets("Relatorio ESCO").Range("D9").Value =
    Sheets("auxiliar").Range("F1").Value

End Sub
```

Anexo M

Rotina auxiliar.importarIR

```
Sub importarIR(pre As String) 'para importar folhas de irradiancia diaria'

'Dim pre As String
  Dim mystring As String
  Dim straux As String

  mystring = "auxiliar"

  Call auxiliar.createandcheck(mystring)

'For i = 1 To meses
  'pre = InputBox("mes referente")

  straux = "PV" & pre
  Sheets.Add.name = straux

  'Worksheets(mystring).Cells(i, 5).Value = straux 'guarda os nomes
  dos mesesPV'
  MsgBox "Selecione os valores de irradiancia para o mes de " & pre
  Dim fName As String

  fName = Application.GetOpenFilename("Text Files (*.txt), *.txt")
  'escolha do ficheiro txt'
  If fName = "False" Then Exit Sub

  With ActiveSheet.QueryTables.Add(Connection:="TEXT;" & fName, _
    Destination:=Range("$A:$1"))
    .name = "sample"
    .FieldNames = True
    .RowNumbers = False
    .FillAdjacentFormulas = False
    .PreserveFormatting = True
    .RefreshOnFileOpen = False
    .RefreshStyle = xlInsertDeleteCells
    .SavePassword = False
    .SaveData = True
    .AdjustColumnWidth = True
    .RefreshPeriod = 0
    .TextFilePromptOnRefresh = False
    .TextFilePlatform = 437
    .TextFileStartRow = 1
    .TextFileParseType = xlDelimited
    .TextFileTextQualifier = xlTextQualifierNone
    .TextFileConsecutiveDelimiter = True
```


Anexo N

Função *auxiliar.filtrarPV*

```
Function filtrarPV(name As String, cnt As Integer) As Boolean 'para
    deixar unicamente a coluna dos tempos e a coluna da irradiância'

    Dim str1 As String
    str1 = "PV" & name
    ActiveWorkbook.Sheets(str1).Activate
    Range("A1:I8").Delete 'apaga o espaço todo ate ao primeiro
        valor de tempo'

    Dim totalrows, ro As Double

    totalrows = Worksheets(str1).UsedRange.Rows.Count 'conta o numero de
        linhas utilizadas neste momento'
    Range(Cells(1, 3), Cells(totalrows, 9)).Delete 'apagar todas as
        colunas menos a de tempo e de valor de irradiância'

    For j = 1 To totalrows 'numero de linhas ate encontrar
        a primeira celula em branco'
        prerow = Cells(j, 1).Value
        If IsEmpty(prerow) Or prerow = "" Then
            Exit For
        Else
            ro = j 'ultima linha preenchida'
        End If
    Next
    ro = ro + 1
    Range(Cells(ro, 1), Cells(totalrows, 1)).Delete 'apagar tudo a desde o
        ultimo valor de tempo ate ao fim da folha'

    Sheets("auxiliar").Cells(cnt, 4).Value = ro - 1

    Columns("A:A").Select
    Selection.NumberFormat = "[$-x-systime]h:mm:ss AM/PM" 'muda o formato
        das celulas para tempo'

End Function
```

Anexo O

Função *auxiliar.filtrarDC*

```
Function filtrarDC(name As String) As Boolean 'vai selecionar valores de
    carga para tempos comuns aos de irradiância'

    ActiveWorkbook.Sheets(name).Activate

    Dim totalcols, totalrows As Long

    totalcols = ActiveSheet.UsedRange.Columns.Count 'conta o numero de
        colunas a serem utilizadas'

    totalrows = ActiveSheet.UsedRange.rows.Count 'conta o numero de linhas
        a serem utilizadas'
    'MsgBox "" & name
    Dim straux As String
    straux = "PV" & name 'concatena o nome da string ativa com "PV"
    'MsgBox "" & straux
    Dim horas As Integer
    horas = hour(Sheets(straux).Cells(1, 1).Value) 'retorna o valor de
        hora da primeira celula da folha de irradiância'
    horas = horas * 4
    horas = horas - 1

    ActiveSheet.Range(Cells(1, 1), Cells(totalrows, horas)).Delete 'apaga
        todas as tabelas ate a primeira hora da folha de irradiância'

    Dim aux As Integer
    aux = Minute(Sheets(straux).Cells(1, 1).Value) 'retorna o valor de
        minuto da primeira celula da folha de irradiância'

    If aux > 10 And aux < 25 Then
        ActiveSheet.Range(Cells(1, 1), Cells(totalrows, 1)).Delete 'caso o
            primeiro valor de irradiância seja hh:22, apaga tudo ate ao
            respetivo valor de irradiância'
    End If

    If aux > 25 And aux < 40 Then
        ActiveSheet.Range(Cells(1, 1), Cells(totalrows, 2)).Delete 'mesma
            situacao, mas para hh:37'
    End If

    If aux > 40 Then
```

```
        ActiveSheet.Range(Cells(1, 1), Cells(totalrows, 3)).Delete 'mesma
            situacao, mas para hh:52'
End If

Dim rowspv As Long
rowspv = Sheets(straux).UsedRange.Rows.Count 'conta o numero de linhas
    a serem utilizadas na folha de irradiancia'
rowspv = rowspv + 1

totalcols = ActiveSheet.UsedRange.Columns.Count 'conta o numero de
    colunas da folha dos diagramas transposta'

Dim elim As Long
elim = totalcols - rowspv 'calcula a diferenca de quantidade de
    valores por espaco de tempo. para saber quantos a mais tem o
    diagrama de cargas transposto em relacao aos tempos dos valores de
    irradiancia'

ActiveSheet.Range(Cells(1, rowspv), Cells(totalrows,
    totalcols)).Delete 'elimina os restantes valores que nao tem tempos
    em comum'

End Function
```

Anexo P

Rotina *auxiliar.transporDC*

```
Sub transporDC(sheetname As String) 'transpor folhas de diagramas de
  carga'

  Call auxiliar.createandcheck("Dados Simulacao")
  Worksheets("Dados Simulacao").Visible = xlSheetVisible 'cria folha
  anol'

  Call auxiliar.createandcheck("aux2")

  Dim totalrow As Long
  totalrow = Worksheets("Dados Simulacao").UsedRange.rows.Count 'conta o
  numero de linhas'

  Dim aux, aux2, aux3, aux4 As Long

  Worksheets(sheetname).Activate 'ativa a folha de diagrama de carga
  pretendida'
  ActiveSheet.UsedRange.Copy
  Worksheets("aux2").Activate 'ativa a folha aux2'
  ActiveSheet.Cells(1, 1).PasteSpecial Transpose:=True 'cola transposto
  a folha diagrama na folha aux2'

  aux3 = Worksheets("aux2").UsedRange.rows.Count 'conta o numero de
  linhas da folha aux2'

  Dim totalcol As Long
  totalcol = Worksheets("aux2").UsedRange.Columns.Count 'conta o numero
  de colunas da folha aux2'

  Dim i As Long

  For i = 1 To totalcol 'ciclo: coloca todas as
  linhas numa unica coluna'
    Worksheets("aux2").Activate
    aux4 = Worksheets("Dados Simulacao").UsedRange.rows.Count
    ActiveSheet.Range(Cells(1, i), Cells(aux3, i)).Copy
    If aux4 > 1 Then
      aux2 = aux4 + 1
    Else
      aux2 = 1
    End If
    Worksheets("Dados Simulacao").Activate
    ActiveSheet.Cells(aux2, 1).Select
    ActiveSheet.Paste
```

```
Next i  
  
Call auxiliar.cleansheet ("aux2")  
End Sub
```

Anexo Q

Rotina *auxiliar.copiarPV*

```
Sub copiarPV(name As String) 'copiar PV filtrado para anol'

    If auxiliar.checksheet("Dados Simulacao") = False Then 'caso nao
        exista a folha anol, a rotina para'
        MsgBox "Folha anol nao existe"
        Exit Sub
    End If

    Dim str2 As String

    Dim countr, rowspv As Long
    countr = Sheets(name).UsedRange.rows.Count 'numero de linhas na folha
        diagrama/mes'
    str2 = "PV" & name
    rowspv = Sheets(str2).UsedRange.rows.Count 'numero de linhas na folha
        PV'

    Dim fact As Long

    fact = countr * rowspv 'para saber quantas vezes os dados PV vao ter
        de se repetir'
    ' MsgBox "" & fact
    Sheets("Dados Simulacao").Activate

    Dim aux, raux, ro As Long

    Sheets(str2).Activate
    Range(Cells(1, 1), Cells(rowspv, 2)).Copy
    Sheets("Dados Simulacao").Activate

    Dim l As Long
    l = Cells(rows.Count, 2).End(xlUp).Row

    If l > 1 Then
        aux = l + 1
    Else
        aux = 1
    End If

    For i = 1 To fact

        ActiveSheet.Cells(aux, 2).Select
        ActiveSheet.Paste
        aux = aux + rowspv
    
```

Next

```
Call auxiliar.deletesheet(str2) 'apaga a folha PVmesreferente'  
Call auxiliar.deletesheet(name) 'apaga a folha do diagrama de cargas  
do mes referente'  
Range("A1").Select
```

End Sub

Anexo R

Rotina *aux.tarifas_boa*

```
Sub tarifas_boa()

    Sheets("Dados Simulacao").Activate

    Dim time As Long

    Dim vazio As Single, ponta As Single, cheia As Single, supervazio As
        Single

    Dim k As Integer, energia_ponta As Double

    ponta = InputBox("Valor da tarifa de ponta (sem IVA)")
    cheia = InputBox("Valor da tarifa de cheia (sem IVA)")
    vazio = InputBox("Valor da tarifa de vazio (sem IVA)")
    supervazio = InputBox("Valor da tarida de super vazia (sem IVA)")

    totalrows = ActiveSheet.UsedRange.rows.Count

    For i = 1 To totalrows

        time = (hour(Range(Cells(i, 2), Cells(i, 2))) * 100) +
            Minute(Range(Cells(i, 2), Cells(i, 2)))

        If time > 915 And time < 1215 Then
            Cells(i, 4) = ponta
        ElseIf (time > 700 And time < 915) Or (time > 1215 And time < 2400)
            Then
            Cells(i, 4) = cheia
        ElseIf (time > 0 And time < 200) Or (time > 600 And time < 700) Then
            Cells(i, 4) = vazio
        ElseIf time > 200 And time < 600 Then
            Cells(i, 4) = supervazio
        End If

    Next i

End Sub
```

Anexo S

Rotina *auxiliar.solar*

```
Sub solar()

Sheets("Dados Simulacao").Activate

Range("E1:AZ36000").Clear

Dim cash() As Double
Dim cash_best() As Double
Dim cash_cliente() As Single
Dim cash_cliente_best() As Single
Dim cash_acum() As Single
Dim cash_acum_best() As Single
Dim cash_acum_cliente() As Single
Dim cash_acum_cliente_best() As Single
Dim energ_p() As Single, energ_p_best() As Single
Dim energ_c() As Single, energ_c_best() As Single
Dim dif() As Single, dif_best() As Single
Dim rend() As Single, rend_best() As Single
Dim rend_cliente() As Single, rend_cliente_best() As Single
Dim receita As Single, receita_cliente As Single
Dim tarifa As Single, tarifa_mibel As Single, p_painel As Single, efic As
    Single, area As Single, OM As Single, seguro As Single, percen As
    Single, inflacao As Single
Dim perdas As Single, taxa As Single, taxal As Single, taxa_val As
    Single, painel_best As Single, wacc As Single, area_inst As Single,
    seg As Single, seg1 As Single, max_painel As Integer
Dim conta As Integer, garantia As Integer, contrato As Integer
Dim taxa_graf() As Single
Dim dif_max As Single
Dim dif_max1 As Single
Dim energia_tar As Single, rend_tar As Single, tarifa_med As Single,
    tarifa_med_nom As Single
Dim energ_total As Single, energ_total_best As Single, energ_total_consum
    As Single
Dim percen_total As Single, percen_injetada As Single, percen_consumida
    As Single, energ_inj As Single
Dim preco() As Double
Dim rend_nom() As Double, oem() As Double, oem_best() As Double,
    receita_final() As Single
Dim segur() As Single, segur_best() As Single

p_painel = InputBox("Qual a potencia de cada painel (kW):")
efic = InputBox("Qual a eficiencia dos paineis:")
area = InputBox("Qual a area de cada painel (m^2):")
```

```

garantia = InputBox("Qual a garantia de fabricante dos paineis:")
area_inst = InputBox("Qual a area maxima de aplicacao dos paineis:")
perdas = InputBox("Qual as perdas a considerar no sistema:")
tarifa = InputBox("Qual a tarifa da potencia das horas de ponta
    (euro/kW):")
tarifa_mibel = InputBox("Qual a tarifa paga pela MIBEL (euro/kWh):")
percen = InputBox("Qual a margem para o cliente (\%):")
OM = InputBox("Qual a percentagem anual de operacao e manutencao:")
seguro = InputBox("Qual a percentagem anual do seguro:")
inflacao = InputBox("Qual o valor anual da inflacao:")
wacc = InputBox("Custo de capital:")
contrato = garantia

wacc = wacc / 100
OM = OM / 100
seguro = seguro / 100
percen = percen / 100
efic = efic / 100
perdas = perdas / 100
inflacao = inflacao / 100

Sheets("Relatorio ESCO").Range("F18").Value = perdas
Sheets("Relatorio ESCO").Range("B3").Value = p_painel
Sheets("Relatorio ESCO").Range("B6").Value = efic
Sheets("Relatorio ESCO").Range("B15").Value = garantia
Sheets("Relatorio ESCO").Range("D6").Value = 0.01
Sheets("auxiliar").Range("H3").Value = OM
Sheets("Relatorio ESCO").Range("F9").Value = tarifa_mibel
Sheets("Relatorio ESCO").Range("F12").Value = inflacao
Sheets("Relatorio ESCO").Range("F15").Value = percen
Sheets("auxiliar").Range("F2").Value = percen
Sheets("auxiliar").Range("H1").Value = tarifa
Sheets("auxiliar").Range("H2").Value = area

conta = ActiveSheet.UsedRange.rows.Count 'conta o numero de dados
    existentes

taxa = 0
taxal = 0
dif_max1 = 50000
painel_best = 1
energ_total_best = 0

max_painel = Int(area_inst / 1.8)

```

```
ReDim preco(conta)
ReDim energ_p(conta) 'dimensiona os vetores para o numero de dados
                        existentes
ReDim energ_p_best(conta)
ReDim energ_c(conta)
ReDim energ_c_best(conta)
ReDim dif(conta)
ReDim dif_best(conta)
ReDim rend(conta)
ReDim rend_nom(conta)
ReDim rend_best(conta)
ReDim rend_cliente(conta)
ReDim rend_cliente_best(conta)
ReDim segur(garantia)
ReDim oem(garantia)
ReDim cash(garantia)
ReDim oem_best(garantia)
ReDim segur_best(garantia)
ReDim receita_final(garantia)
ReDim cash_best(garantia)
ReDim cash_acum(garantia)
ReDim cash_acum_best(garantia)
ReDim cash_acum_cliente(garantia)
ReDim cash_acum_cliente_best(garantia)
ReDim cash_cliente(garantia)
ReDim cash_cliente_best(garantia)
ReDim taxa_graf(1 To max_painel)

'incia um ciclo para testar todas a hipoteses (testar o maximo de
    paineis possiveis de instalar
For i = 1 To max_painel

    rend_tar = 0
    energ_inj = 0
    energia_tar = 0
    rend_tar_nom = 0

    pot_instalada = i * p_painel 'calcula a potencia instalada com i
        paineis

    Cells(3, 11) = pot_instalada

    If pot_instalada <= 250 Then

        investimento = pot_instalada * 1050
```

```
ElseIf pot_instalada > 250 And pot_instalada < 500 Then

    investimento = pot_instalada * 1000

Else

    investimento = pot_instalada * 950

End If

cash(0) = -investimento
cash_acum(0) = -investimento
cash_cliente(0) = 0
cash_acum_cliente(0) = 0

'ciclo para calcular a energia consumida/produzida e a receita(euro)
para todos os dados existentes
For c = 1 To conta
    energ_p(c) = ((Cells(c, 3) / 1000) * efic * area * i * (1 / 4) * (1
        - perdas))
    energ_c(c) = (Cells(c, 1) * (1 / 4))
    dif(c) = energ_p(c) - energ_c(c)
    preco(c) = Cells(c, 4) * energ_c(c)

    If dif(c) < 0 Then

        rend_nom(c) = energ_p(c) * Cells(c, 4)
        rend_tar_nom = rend_tar_nom + rend_nom(c)

        rend(c) = energ_p(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen)
        energia_tar = energia_tar + energ_p(c)
        rend_tar = rend_tar + rend(c)

    Else

        rend_nom(c) = energ_c(c) * Cells(c, 4) + dif(c) * tarifa_mibel
        rend_tar_nom = rend_tar_nom + energ_c(c) * Cells(c, 4)

        rend(c) = energ_c(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen) + dif(c) *
            tarifa_mibel
        energia_tar = energia_tar + energ_c(c)
        rend_tar = rend_tar + energ_c(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen)
        energ_inj = energ_inj + dif(c)

    End If

End For
```

```
Next c

suple_nom = aux.tarponta_nom(dif(), conta, energ_p(), energ_c(),
    tarifa)
suple = aux.tarponta(dif(), conta, energ_p(), energ_c(), percen,
    tarifa)

rend_tar_nom = rend_tar_nom + suple_nom
rend_tar = rend_tar + suple

tarifa_med_nom = rend_tar_nom / energia_tar
tarifa_med = rend_tar / energia_tar

receita = energia_tar * tarifa_med + energ_inj * tarifa_mibel 'receita
    total dos dados existentes
receita_cliente = energia_tar * (tarifa_med_nom - tarifa_med)

dif_max = Application.Average(dif())

energ_total = Application.Sum(energ_p())
energ_total_consum = Application.Sum(energ_c())
energ_total_consum_med = Application.Average(energ_c())

'ciclo para calcular os cash-flow e a TIR ao longo da garantia do
    equipamento
For j = 1 To garantia

    cash_cliente(j) = receita_cliente
    custos = (OM * (receita + receita_cliente)) + (seguro * (receita +
        receita_cliente))
    cash(j) = receita - custos
    cash_acum(j) = cash_acum(j - 1) + cash(j)
    cash_acum_cliente(j) = cash_acum_cliente(j - 1) + cash_cliente(j)
    oem(j) = OM * (receita + receita_cliente)
    segur(j) = seguro * (receita + receita_cliente)

    receita_final(j) = receita

    receita = receita + (receita * inflacao)
    receita_cliente = receita_cliente + (receita_cliente * inflacao)
    receita = receita * 0.99
    receita_cliente = receita_cliente * 0.99

Next j
```

```
taxa = Application.IRR(cash())

'condicao para saber se a TIR de i paineis e melhor que a anterior
  melhor
If Abs(dif_max) < dif_max1 And taxa >= 0.1 And dif_max < -0.1 *
  energ_total_consum_med Then

'caso seja superior entao atualiza os valor da taxa e do melhor
  melhor numero de paineis para i paineis
painel_best = i
taxa1 = taxa
dif_max1 = Abs(dif_max)
taxa_val = NPV(wacc, cash())

energia_tar_best = energia_tar
energ_total_best = energ_total
energ_total_injetada_best = energ_inj

tarifa_med_nom_best = tarifa_med_nom
tarifa_med_best = tarifa_med

percen_consumida = energia_tar / energ_total
percen_injetada = energ_inj / energ_total
percen_total = energ_total / Sheets("auxiliar").Range("F1").Value

'guarda em vetores caso sejam os melhores vetores
For c = 1 To conta

  energ_p_best(c) = energ_p(c)
  energ_c_best(c) = energ_c(c)
  dif_best(c) = dif(c)
  rend_best(c) = rend(c)

Next c

For j = 0 To garantia

  segur_best(j) = segur(j)
  oem_best(j) = oem(j)
  cash_best(j) = cash(j)
  cash_acum_best(j) = cash_acum(j)
  cash_cliente_best(j) = cash_cliente(j)
  cash_acum_cliente_best(j) = cash_acum_cliente(j)
```

```
Next j

' caso nao seja melhor mantem os melhores valores anteriores e nao
  escreve nada nas celulas
Else

  painel_best = painel_best
  taxa1 = taxa1
  seg1 = seg1
  dif_max1 = dif_max1

End If

taxa_graf(i) = taxa

Next i
```

Anexo T

Rotina monitoring.importsma

```
Sub importsma()  
  
    Dim pre As String  
  
    If auxiliar.checksheet("auxmv") = True Then  
        Sheets("auxmv").UsedRange.Clear  
    Else  
        Sheets.Add.name = "auxmv"  
    End If  
  
    Dim wkbCrntWorkBook As Workbook  
    Dim wkbSourceBook As Workbook  
    Dim rngSourceRange As Range  
    Dim rngDestination As Range  
    Set wkbCrntWorkBook = ActiveWorkbook  
  
    With Application.FileDialog(msoFileDialogOpen)  
        .Filters.Clear  
        .Filters.Add "Excel 2007-13", "*.xlsx; *.xlsm; *.xlsa"  
        .Filters.Add "Excel 97-2003", "*.xls; *.xlsm; *.xlsa"  
        .AllowMultiSelect = False  
        .Show  
  
        If .SelectedItems.Count > 0 Then  
            Workbooks.Open .SelectedItems(1)  
            Set wkbSourceBook = ActiveWorkbook  
            Set rngSourceRange = Application.InputBox(prompt:="Select  
                source range", Title:="Source Range", Default:="A1",  
                Type:=8)  
            wkbCrntWorkBook.Activate  
            Set rngDestination = Application.InputBox(prompt:="Select  
                destination cell", Title:="Select Destination",  
                Default:="A1", Type:=8)  
            rngSourceRange.Copy rngDestination  
            rngDestination.CurrentRegion.EntireColumn.AutoFit  
            wkbSourceBook.Close False  
        End If  
    End With  
  
End Sub
```

Anexo U

Rotina monitoring.aquidados

```
Sub aquidados()

    Dim i As Integer

    Dim temp As String

    Dim name As String

    If auxiliar.checksheet("Dados Reais") = False Then

        Call auxiliar.createandcheck("Dados Reais")
        Worksheets("Dados Reais").Visible = xlSheetVisible
        Sheets("Dados Simulacao").UsedRange.Copy
        Sheets("Dados Reais").Paste

    End If

    name = "historico"

    Call auxiliar.createandcheck(name)
    Worksheets(name).Visible = xlSheetVisible
    Sheets(name).Activate
    Call monitoring.format

    temp = InputBox("Indique o intervalo de tempo da monitorizacao: anual
        (y) / mensal (m) / diario (d)")

    Call monitoring.importsma

    i = Sheets("auxmv").UsedRange.rows.Count 'numero de intervalos de
        tempo'

    If temp = "y" Or temp = "Y" Then
        Call monitoring.year(i)
    ElseIf temp = "m" Or temp = "M" Then
        Call monitoring.mes(i)
    ElseIf temp = "d" Or temp = "D" Then
        Call monitoring.dia(i)
    Else
        Sheets("auxmv").Delete
        cancel = True
    End If

End Sub
```

```
Sheets ("auxmv").Delete
```

```
End Sub
```

Anexo V

Rotina monitoring.mes

```
Sub mes (num As Integer)

Dim mes As Integer
Dim dias As Integer
Dim ref As Integer
Dim fim As Integer
Dim ano As Integer
Dim energ As Double
Dim prod As Double
Dim desvio As Single

mes = InputBox("Qual o mes a comparar(numero do mes):")
ano = InputBox("Qual o ano de producao:")

For i = 1 To mes - 1

    dias = Sheets("auxiliar").Cells(i, 5).Value *
        Sheets("auxiliar").Cells(i, 4).Value

    ref = ref + dias

Next

fim = Sheets("auxiliar").Cells(mes, 5) * Sheets("auxiliar").Cells(mes, 4)
Sheets("Dados Reais").Activate
prod = Application.Sum(Range(Cells((ref + 1), 5), Cells((ref + fim), 5)))

Sheets("auxmv").Activate

Do
    perg = InputBox("Valores Acumulados? (yes) or (no)")

    If perg = "yes" Then

        energ = ActiveSheet.Cells(num, 2).Value - ActiveSheet.Cells(1,
            2).Value
        Exit Do

    ElseIf perg = "no" Then

        energ = Application.Sum(ActiveSheet.Range(Cells(1, 2),
            Cells(num, 2)))
        Exit Do

    End If

End Do
```

```
End If

Loop

prod = prod * 0.99 ^ (ano - 1)

desvio = (energ / prod) * 100

j = Sheets("historico").Range("E1").End(xlDown).Row

With Sheets("historico")

    .Cells(j + 1, 5).Value = Sheets("auxmv").Cells(1, 1).Value
    .Cells(j + 1, 6).Value = Sheets("auxmv").Cells(num, 1).Value
    .Cells(j + 1, 7).Value = desvio

End With

If desvio < 90 And desvio >= 80 Then
    Sheets("historico").Cells(j + 1, 7).Interior.Color = rgbYellow

ElseIf desvio < 80 And desvio >= 70 Then
    Sheets("historico").Cells(j + 1, 7).Interior.Color = rgbOrange

ElseIf desvio < 70 Then
    Sheets("historico").Cells(j + 1, 7).Interior.Color = rgbRed

Else
    Sheets("historico").Cells(j + 1, 7).Interior.Color = rgbGreen

End If

MsgBox ("Esta a produzir a " & desvio & " %")

End Sub
```

Anexo W

Rotina monitoring.dia

```
Sub dia(num As Integer)

Dim mes As Integer
Dim dias As Integer
Dim ref As Integer
Dim fim As Integer
Dim ano As Integer
Dim energ As Double
Dim prod As Double
Dim desvio As Single

mes = InputBox("Qual o mes referente ao dia em estudo(numero do mes):")
ano = InputBox("Qual o ano de producao:")

For i = 1 To mes - 1

    dias = Sheets("auxiliar").Cells(i, 5).Value *
        Sheets("auxiliar").Cells(i, 4).Value

    ref = ref + dias

Next

fim = Sheets("auxiliar").Cells(mes, 4)
Sheets("Dados Reais").Activate
prod = Application.Sum(Range(Cells((ref + 1), 5), Cells((ref + fim), 5)))

Sheets("auxmv").Activate

Do
    perg = InputBox("Valores Acumulados? (yes) or (no)")

    If perg = "yes" Then

        energ = ActiveSheet.Cells(num, 2).Value - ActiveSheet.Cells(1,
            2).Value
        Exit Do

    ElseIf perg = "no" Then

        energ = Application.Sum(ActiveSheet.Range(Cells(1, 2),
            Cells(num, 2)))
        Exit Do

    End If

End Do
```

```
End If

Loop

prod = prod * 0.99 ^ (ano - 1)

desvio = (energ / prod) * 100

j = Sheets("historico").Range("A1").End(xlDown).Row

With Sheets("historico")

    .Cells(j + 1, 1).Value = Sheets("auxmv").Cells(1, 1).Value
    .Cells(j + 1, 2).Value = Sheets("auxmv").Cells(num, 1).Value
    .Cells(j + 1, 3).Value = desvio

End With

If desvio < 90 And desvio >= 80 Then
    Sheets("historico").Cells(j + 1, 3).Interior.Color = rgbYellow

ElseIf desvio < 80 And desvio >= 70 Then
    Sheets("historico").Cells(j + 1, 3).Interior.Color = rgbOrange

ElseIf desvio < 70 Then
    Sheets("historico").Cells(j + 1, 3).Interior.Color = rgbRed

Else
    Sheets("historico").Cells(j + 1, 3).Interior.Color = rgbGreen

End If

MsgBox ("Esta a produzir a " & desvio & " %")

End Sub
```

Anexo X

Rotina monitoring.year

```
Sub year (num As Integer)

    Dim energ As Double, ano As Integer, vteor As Double, desvio As
        Single, perg As String

    Sheets("auxmv").Activate

    Do
        perg = InputBox("Valores Acumulados? (yes) or (no)")

        If perg = "yes" Then

            energ = ActiveSheet.Cells(num, 2).Value - ActiveSheet.Cells(1,
                2).Value
            Exit Do

        ElseIf perg = "no" Then

            energ = Application.Sum(ActiveSheet.Range(Cells(1, 2),
                Cells(num, 2)))
            Exit Do

        End If

    Loop

    ano = InputBox("Indique a que ano de producao se refere")

    vteor = Sheets("Proposta ESCO").Cells(ano + 1, 2).Value 'valor de
        producao dimensionado'

    desvio = energ / vteor

    Call monitoring.novocalc(desvio, ano)

    desvio = desvio * 100

    j = Sheets("historico").Range("I1").End(xlDown).Row

    With Sheets("historico")

        .Cells(j + 1, 9).Value = ano
        .Cells(j + 1, 10).Value = desvio

    End With

End Sub
```

End With

If desvio < 90 And desvio >= 80 Then

Sheets("historico").Cells(j + 1, 10).Interior.Color = rgbYellow

ElseIf desvio < 80 And desvio >= 70 Then

Sheets("historico").Cells(j + 1, 10).Interior.Color = rgbOrange

ElseIf desvio < 70 Then

Sheets("historico").Cells(j + 1, 10).Interior.Color = rgbRed

Else

Sheets("historico").Cells(j + 1, 10).Interior.Color = rgbGreen

End If

End Sub

Anexo Y

Rotina monitoring.novocalc

```
Sub novocalc(deprec As Single, ano As Integer)

Sheets("Dados Reais").Activate

Dim cash() As Double
Dim cash_best() As Double
Dim cash_cliente() As Single
Dim cash_cliente_best() As Single
Dim cash_acum() As Single
Dim cash_acum_best() As Single
Dim cash_acum_cliente() As Single
Dim cash_acum_cliente_best() As Single
Dim energ_p() As Single, energ_p_best() As Single
Dim energ_c() As Single, energ_c_best() As Single
Dim dif() As Single, dif_best() As Single
Dim rend() As Single, rend_best() As Single
Dim rend_cliente() As Single, rend_cliente_best() As Single
Dim receita As Single, receita_cliente As Single
Dim tarifa As Single, tarifa_mibel As Single, p_painel As Single, efic As
Single, area As Single, OM As Single, seguro As Single, percen As
Single, inflacao As Single
Dim perdas As Single, taxa As Single, taxal As Single, taxa_val As
Single, painel_best As Single, wacc As Single, area_inst As Single,
seg As Single, seg1 As Single, max_painel As Integer
Dim conta As Integer, garantia As Integer
Dim taxa_graf() As Single
Dim dif_max As Single
Dim dif_max1 As Single
Dim energia_tar As Single, rend_tar As Single, tarifa_med As Single,
tarifa_med_nom As Single
Dim energ_total As Single, energ_total_best As Single, energ_total_consum
As Single
Dim percen_total As Single, percen_injetada As Single, percen_consumida
As Single, energ_inj As Single
Dim preco() As Double
Dim rend_nom() As Double, oem() As Double, oem_best() As Double,
receita_final() As Single
Dim segur() As Single, segur_best() As Single
Dim contrato As Integer

p_painel = Sheets("Relatorio ESCO").Range("B3").Value
investimento = Sheets("Relatorio ESCO").Range("b18").Value
num = Sheets("Relatorio ESCO").Range("H3").Value
garantia = Sheets("Relatorio ESCO").Range("B15").Value
```

```
contrato = Sheets("Proposta ESCO").Range("m2").Value
tarifa = Sheets("auxiliar").Range("H1").Value
tarifa_mibel = Sheets("Relatorio ESCO").Range("F9").Value
percen = Sheets("Relatorio ESCO").Range("f15").Value
OM = Sheets("auxiliar").Range("h3").Value
seguro = Sheets("auxiliar").Range("h4").Value
inflacao = Sheets("Relatorio ESCO").Range("F12").Value
wacc = Sheets("Relatorio ESCO").Range("h15").Value

Application.ScreenUpdating = False

wacc = wacc
OM = OM
seguro = seguro
percen = percen
efic = efic
perdas = perdas
inflacao = inflacao

conta = ActiveSheet.UsedRange.rows.Count 'conta o numero de dados
      existentes

taxa = 0
taxal = 0
energ_total_best = 0

ReDim preco(conta)
ReDim energ_p(conta) 'dimensiona os vetores para o numero de dados
      existentes
ReDim energ_p_best(conta)
ReDim energ_c(conta)
ReDim energ_c_best(conta)
ReDim dif(conta)
ReDim dif_best(conta)
ReDim rend(conta)
ReDim rend_nom(conta)
ReDim rend_best(conta)
ReDim rend_cliente(conta)
ReDim rend_cliente_best(conta)
ReDim segur(garantia)
ReDim oem(garantia)
ReDim cash(garantia)
ReDim oem_best(garantia)
ReDim segur_best(garantia)
ReDim receita_final(garantia)
```

```

ReDim cash_best(garantia)
ReDim cash_acum(garantia)
ReDim cash_acum_best(garantia)
ReDim cash_cliente(garantia)
ReDim cash_cliente_best(garantia)
ReDim cash_acum_cliente(garantia)
ReDim cash_acum_cliente_best(garantia)

rend_tar = 0
energ_inj = 0
energia_tar = 0
rend_tar_nom = 0

pot_instalada = num * p_painel

cash(0) = -investimento
cash_acum(0) = -investimento
cash_cliente(0) = 0
cash_acum_cliente(0) = 0

'ciclo para calcular a energia consumida/produzida e a receita(euro)
  para todos os dados existentes
For c = 1 To conta
  energ_p(c) = Cells(c, 5) * deprec
  energ_c(c) = Cells(c, 6)
  dif(c) = energ_p(c) - energ_c(c)
  preco(c) = Cells(c, 4) * energ_c(c)

  If dif(c) < 0 Then

    rend_nom(c) = energ_p(c) * Cells(c, 4)
    rend_tar_nom = rend_tar_nom + rend_nom(c)

    rend(c) = energ_p(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen)
    energia_tar = energia_tar + energ_p(c)
    rend_tar = rend_tar + rend(c)
  Else

    rend_nom(c) = energ_c(c) * Cells(c, 4) + dif(c) * tarifa_mibel
    rend_tar_nom = rend_tar_nom + energ_c(c) * Cells(c, 4)

    rend(c) = energ_c(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen) + dif(c) *
      tarifa_mibel
    energia_tar = energia_tar + energ_c(c)
    rend_tar = rend_tar + energ_c(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen)
  End If
Next c

```

```

    energ_inj = energ_inj + dif(c)

    End If

Next c

suple_nom = aux.tarponta_nom(dif(), conta, energ_p(), energ_c(),
    tarifa)
suple = aux.tarponta(dif(), conta, energ_p(), energ_c(), percen,
    tarifa)

rend_tar_nom = rend_tar_nom + suple_nom
rend_tar = rend_tar + suple

tarifa_med_nom = rend_tar_nom / energia_tar
tarifa_med = rend_tar / energia_tar

receita = energia_tar * tarifa_med + energ_inj * tarifa_mibel 'receita
    total dos dados existentes
receita_cliente = energia_tar * (tarifa_med_nom - tarifa_med)

dif_max = Application.Average(dif())

energ_total = Application.Sum(energ_p())
energ_total_consum = Application.Sum(energ_c())

'ciclo para calcular os cash-flow e a TIR ao longo da garantia do
    equipamento
For j = 1 To contrato

    cash_cliente(j) = receita_cliente
    custos = (OM * (receita + receita_cliente)) + (seguro * (receita +
        receita_cliente))
    cash(j) = receita - custos
    cash_acum(j) = cash_acum(j - 1) + cash(j)
    cash_acum_cliente(j) = cash_acum_cliente(j - 1) + cash_cliente(j)
    oem(j) = OM * (receita + receita_cliente)
    segur(j) = seguro * (receita + receita_cliente)

    receita_final(j) = receita

    receita = receita + (receita * inflacao)
    receita_cliente = receita_cliente + (receita_cliente * inflacao)
    receita = receita * 0.99
    receita_cliente = receita_cliente * 0.99

```

```
Next j

receita_cliente = energia_tar * tarifa_med_nom + energ_inj *
    tarifa_mibel

For j = 1 To garantia

    If j <= contrato Then
        receita_cliente = receita_cliente + (receita_cliente * inflacao)
        receita_cliente = receita_cliente * 0.99
    Else

        custos = (OM * receita_cliente) + (seguro * receita_cliente)
        cash_cliente(j) = receita_cliente - custos
        cash_acum_cliente(j) = cash_acum_cliente(j - 1) + cash_cliente(j)
        oem(j) = OM * receita_cliente
        segur(j) = seguro * receita_cliente

        receita_final(j) = receita_cliente

        seg = seg + (seg * inflacao)
        receita_cliente = receita_cliente + (receita_cliente * inflacao)
        receita_cliente = receita_cliente * 0.99

    End If

Next j

'caso seja superior entao atualiza os valor da taxa e do melhor
    melhor numero de paineis para i paineis
painel_best = i
dif_max1 = Abs(dif_max)

energia_tar_best = energia_tar
energ_total_best = energ_total
energ_total_injetada_best = energ_inj

tarifa_med_nom_best = tarifa_med_nom
tarifa_med_best = tarifa_med

percen_consumida = energia_tar / energ_total
percen_injetada = energ_inj / energ_total
percen_total = energ_total / Sheets("auxiliar").Range("F1").Value
```

```
'guarda em vetores caso sejam os melhores vetores
For c = 1 To conta

    energ_p_best(c) = energ_p(c)
    energ_c_best(c) = energ_c(c)
    dif_best(c) = dif(c)
    rend_best(c) = rend(c)
    rend_cliente_best(c) = rend_cliente(c)

Next c

For j = 0 To garantia

    segur_best(j) = segur(j)
    oem_best(j) = oem(j)
    cash_best(j) = cash(j)
    cash_acum_best(j) = cash_acum(j)
    cash_cliente_best(j) = cash_cliente(j)
    cash_acum_cliente_best(j) = cash_acum_cliente(j)

Next j

For j = ano To garantia

    Cells(5, j + 12).NumberFormat = "$ #,##0.00"
    Cells(6, j + 12).NumberFormat = "$ #,##0.00"
    Cells(8, j + 12).NumberFormat = "$ #,##0.00"

    Cells(4, j + 12) = j
    Cells(5, j + 12) = cash_best(j)
    Cells(6, j + 12) = cash_acum_best(j)
    Cells(8, j + 12) = cash_cliente_best(j)

    If cash_acum_best(j) >= 0 Then

        Cells(6, j + 12).Interior.Color = rgbGreen

    Else

        Cells(6, j + 12).Interior.Color = rgbRed
        payback = payback + 1

    End If

Next j
```

```

Sheets("Relatorio ESCO").Range("B9").Value = num * 1.8
Sheets("Relatorio ESCO").Range("F9").Value = tarifa_mibel
Sheets("Relatorio ESCO").Range("F12").Value = inflacao
Sheets("Relatorio ESCO").Range("F15").Value = percent
Sheets("auxiliar").Range("F2").Value = percent

Sheets("Relatorio ESCO").Range("D15").Value = cash_cliente_best(1)
Sheets("Relatorio ESCO").Range("F3").Value = tarifa_med
Sheets("Relatorio ESCO").Range("F6").Value = tarifa_med_nom
Sheets("Relatorio ESCO").Range("H6").Value = pot_instalada
Sheets("Relatorio ESCO").Range("H15").Value = wacc

Application.ScreenUpdating = True

Call monitoring.calc_tir

Sheets("Relatorio ESCO").Range("H12").Value = Sheets("Dados
    Reais").Cells(7, garantia + 12)

energ_total_best = energ_total_best * (1 - 0.01) ^ (ano - 1)

tarifa_med_nom_best = tarifa_med_nom_best * (1 + inflacao) ^ (ano - 1)
tarifa_med_best = tarifa_med_best * (1 + inflacao) ^ (ano - 1)

Call monitoring.dados(ano, garantia, contrato, energ_total_best,
    tarifa_med_nom, tarifa_med, cash_acum_cliente_best(), inflacao,
    segur(), oem_best(), receita_final(), cash_best(), cash_acum_best())

For i = 1 To contrato

    cash_best(i) = Sheets("Dados Reais").Cells(5, i + 12).Value
    cash_acum_best(i) = Sheets("Dados Reais").Cells(6, i + 12).Value
Next

taxa_val = NPV(wacc, cash_best())
Sheets("Relatorio ESCO").Range("H9").Value = taxa_val

Sheets("Proposta ESCO").Range("N2").Value = aux.pb(garantia, cash_best(),
    cash_acum_best())
Sheets("Relatorio ESCO").Range("D12").Value = Sheets("Proposta
    ESCO").Range("N2").Value

Call cria_relat.act

```

```
Call monitoring.novocliente(deprec, ano)
```

```
Sheets("Dados Reais").Activate
```

```
For c = 1 To conta
```

```
    Cells(c, 5) = energ_p_best(c)
```

```
    Cells(c, 6) = energ_c_best(c)
```

```
    Cells(c, 7) = dif_best(c)
```

```
    Cells(c, 8) = rend_best(c)
```

```
Next c
```

```
Call reformat.rs
```

```
End Sub
```

Anexo Z

Rotina monitoring.calc_tir

```
Sub calc_tir()

Sheets("Dados Reais").Activate

Application.ScreenUpdating = False

Dim taxa As Double
Dim i, max_ano As Integer
Dim aux() As Double
max_ano = Sheets("Relatorio ESCO").Range("B15")

For i = 1 To max_ano

    ReDim Preserve aux(i)
    aux(0) = Range("L5").Value
    aux(i) = Cells(5, i + 12)
    taxa = Application.IRR(aux())

    Cells(7, i + 12).NumberFormat = "#,##0.00 \%"
    Cells(7, i + 12) = taxa

Next i

Application.ScreenUpdating = True

End Sub
```

Anexo AA

Rotina monitoring.novocliente

```
Sub novocliente(deprec As Single, ano As Integer)

Sheets("Dados Reais").Activate

Dim cash() As Double
Dim cash_best() As Double
Dim cash_cliente() As Double
Dim cash_cliente_best() As Double
Dim cash_acum() As Single
Dim cash_acum_best() As Single
Dim cash_acum_cliente() As Single
Dim cash_acum_cliente_best() As Single
Dim energ_p() As Single, energ_p_best() As Single
Dim energ_c() As Single, energ_c_best() As Single
Dim dif() As Single, dif_best() As Single
Dim rend() As Single, rend_best() As Single
Dim rend_cliente() As Single, rend_cliente_best() As Single
Dim receita As Single, receita_cliente As Single
Dim tarifa As Single, tarifa_mibel As Single, p_painel As Single, efic As
Single, area As Single, OM As Single, seguro As Single, percen As
Single, inflacao As Single
Dim perdas As Single, taxa As Single, taxal As Single, taxa_val As
Single, painel_best As Single, wacc As Single, area_inst As Single,
seg As Single, seg1 As Single, max_painel As Integer
Dim conta As Integer, garantia As Integer
Dim taxa_graf() As Single
Dim dif_max As Single
Dim dif_max1 As Single
Dim energia_tar As Single, rend_tar As Single, tarifa_med As Single,
tarifa_med_nom As Single
Dim energ_total As Single, energ_total_best As Single, energ_total_consum
As Single
Dim percen_total As Single, percen_injetada As Single, percen_consumida
As Single, energ_inj As Single
Dim preco() As Double
Dim rend_nom() As Double, oem() As Double, oem_best() As Double,
receita_final() As Single
Dim segur() As Single, segur_best() As Single
Dim contrato As Integer

p_painel = Sheets("Relatorio ESCO").Range("B3").Value
num = Sheets("Relatorio ESCO").Range("H3").Value
garantia = Sheets("Relatorio ESCO").Range("B15").Value
contrato = garantia
```

```
tarifa = Sheets("auxiliar").Range("H1").Value
tarifa_mibel = Sheets("Relatorio ESCO").Range("F9").Value
percen = 0
OM = Sheets("auxiliar").Range("H3").Value
seguro = Sheets("auxiliar").Range("H4").Value
inflacao = Sheets("Relatorio ESCO").Range("F12").Value
wacc = Sheets("Relatorio Auto-Financiamento").Range("H15").Value

Application.ScreenUpdating = False

conta = ActiveSheet.UsedRange.rows.Count 'conta o numero de dados
      existentes

taxa = 0
taxa1 = 0
energ_total_best = 0

ReDim preco(conta)
ReDim energ_p(conta) 'dimensiona os vetores para o numero de dados
      existentes
ReDim energ_p_best(conta)
ReDim energ_c(conta)
ReDim energ_c_best(conta)
ReDim dif(conta)
ReDim dif_best(conta)
ReDim rend(conta)
ReDim rend_nom(conta)
ReDim rend_best(conta)
ReDim rend_cliente(conta)
ReDim rend_cliente_best(conta)
ReDim segur(garantia)
ReDim oem(garantia)
ReDim cash(garantia)
ReDim oem_best(garantia)
ReDim segur_best(garantia)
ReDim receita_final(garantia)
ReDim cash_best(garantia)
ReDim cash_acum(garantia)
ReDim cash_acum_best(garantia)
ReDim cash_cliente(garantia)
ReDim cash_cliente_best(garantia)
ReDim cash_acum_cliente(garantia)
ReDim cash_acum_cliente_best(garantia)
'ReDim taxa_graf(1 To max_painel)
```

```
rend_tar = 0
energ_inj = 0
energia_tar = 0
rend_tar_nom = 0

pot_instalada = num * p_painel

investimento = Sheets("Relatorio ESCO").Range("B18")

cash_cliente(0) = -investimento
cash_acum_cliente(0) = -investimento

Sheets("Dados Reais").Activate
'ciclo para calcular a energia consumida/produzida e a receita(euro)
  para todos os dados existentes
For c = 1 To conta
  energ_p(c) = Cells(c, 5) * deprec
  energ_c(c) = Cells(c, 6)
  dif(c) = energ_p(c) - energ_c(c)
  preco(c) = Cells(c, 4) * energ_c(c)

  If dif(c) < 0 Then

    rend_nom(c) = energ_p(c) * Cells(c, 4)
    rend_tar_nom = rend_tar_nom + rend_nom(c)

    rend(c) = energ_p(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen)
    energia_tar = energia_tar + energ_p(c)
    rend_tar = rend_tar + rend(c)
  Else

    rend_nom(c) = energ_c(c) * Cells(c, 4) + dif(c) * tarifa_mibel
    rend_tar_nom = rend_tar_nom + energ_c(c) * Cells(c, 4)

    rend(c) = energ_c(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen) + dif(c) *
      tarifa_mibel
    energia_tar = energia_tar + energ_c(c)
    rend_tar = rend_tar + energ_c(c) * Cells(c, 4) * (1 - percen)
    energ_inj = energ_inj + dif(c)

  End If

Next c
```

```

suple_nom = aux.tarpona_nom(dif(), conta, energ_p(), energ_c(),
    tarifa)
suple = aux.tarpona(dif(), conta, energ_p(), energ_c(), percen,
    tarifa)

rend_tar_nom = rend_tar_nom + suple_nom
rend_tar = rend_tar + suple

tarifa_med_nom = rend_tar_nom / energia_tar
tarifa_med = rend_tar / energia_tar

energ_total = Application.Sum(energ_p())
energ_total_consum = Application.Sum(energ_c())

'ciclo para calcular os cash-flow e a TIR ao longo da garantia do
    equipamento

receita_cliente = energia_tar * tarifa_med_nom + energ_inj *
    tarifa_mibel

For j = 1 To garantia

    custos = (OM * receita_cliente) + (seguro * receita_cliente)
    cash_cliente(j) = receita_cliente - custos
    cash_acum_cliente(j) = cash_acum_cliente(j - 1) + cash_cliente(j)
    oem(j) = OM * receita_cliente
    segur(j) = seguro * receita_cliente

    receita_final(j) = receita_cliente

    seg = seg + (seg * inflacao)
    receita_cliente = receita_cliente + (receita_cliente * inflacao)
    receita_cliente = receita_cliente * 0.99

Next j

'caso seja superior entao atualiza os valor da taxa e do melhor
    melhor numero de paineis para i paineis
painel_best = i
taxa1 = taxa
dif_max1 = Abs(dif_max)
taxa_val = NPV(wacc, cash_cliente())

energia_tar_best = energia_tar
energ_total_best = energ_total

```

```
energ_total_injetada_best = energ_inj

tarifa_med_nom_best = tarifa_med_nom
tarifa_med_best = tarifa_med

percen_consumida = energia_tar / energ_total
percen_injetada = energ_inj / energ_total
percen_total = energ_total / Sheets("auxiliar").Range("F1").Value

'guarda em vetores caso sejam os melhores vetores
For c = 1 To conta

    energ_p_best(c) = energ_p(c)
    energ_c_best(c) = energ_c(c)
    dif_best(c) = dif(c)
    rend_best(c) = rend(c)
    rend_cliente_best(c) = rend_cliente(c)

Next c

For j = 0 To garantia

    segur_best(j) = segur(j)
    oem_best(j) = oem(j)
    cash_cliente_best(j) = cash_cliente(j)
    cash_acum_cliente_best(j) = cash_acum_cliente(j)

Next j

Application.ScreenUpdating = True

energ_total_best = energ_total_best * (1 - 0.01) ^ (ano - 1)

tarifa_med_nom_best = tarifa_med_nom_best * (1 + inflacao) ^ (ano - 1)
tarifa_med_best = tarifa_med_best * (1 + inflacao) ^ (ano - 1)

Call monitoring.dados_cliente_inv(ano, garantia, contrato,
    energ_total_best, tarifa_med_nom, tarifa_med,
    cash_acum_cliente_best(), inflacao, segur(), oem_best(),
    receita_final(), cash_cliente_best(), cash_acum_cliente_best())

Call monitoring.cpycash("Auto-Financiamento", garantia)

For i = 1 To contrato
```

```
cash_cliente_best(i) = Sheets("Auto-Financiamento").Cells(i + 1,
    7).Value
cash_acum_cliente_best(i) = Sheets("Auto-Financiamento").Cells(i + 1,
    8).Value

Next

Sheets("Auto-Financiamento").Range("L2").Value = aux.pb(garantia,
    cash_cliente_best(), cash_acum_cliente_best())
Sheets("Auto-Financiamento").Range("M2").Value = taxa_val
Sheets("Relatorio Auto-Financiamento").Range("H9") = taxa_val
Sheets("Relatorio Auto-Financiamento").Range("B18") = investimento

Dim taxa_tir As Double
Dim auxa() As Double

For i = 1 To garantia

    ReDim Preserve auxa(i)
    auxa(0) = Sheets("auxiliar").Range("I1").Value
    auxa(i) = Sheets("auxiliar").Cells(i + 1, 9).Value
    taxa_tir = Application.IRR(auxa())

    Sheets("Auto-Financiamento").Cells(i + 1, 9).NumberFormat = "#,##0.00
        \% "
    Cells(i + 1, 9) = taxa_tir

Next i

Sheets("Relatorio Auto-Financiamento").Range("H12") = taxa_tir

Sheets("Auto-Financiamento").Activate

Sheets("Relatorio Auto-Financiamento").Range("D15") =
    Sheets("Auto-Financiamento").Range("G2")

Cells.Select
Cells.EntireColumn.AutoFit

Call cria_relacopy_cliente

End Sub
```
