



## Autoconsumo (UPAC) e contratos de desempenho energético

JOAQUIM GUEDES

Outubro de 2016

# **AUTOCONSUMO (UPAC) E CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**

Joaquim Manuel Soares Guedes

**2016**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO  
DO PORTO

isep

## **AUTOCONSUMO (UPAC) E CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO**

Joaquim Manuel Soares Guedes

1121317

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para  
cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia  
Mecânica, realizada sob a orientação científica do Engenheiro Luís Castanheira

**2016**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



*"Genius is one percent inspiration and ninety-nine percent perspiration."*

Thomas A. Edison

# JÚRI

## **Presidente**

## **Orientador**

Engenheiro Luís Castanheira, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Especialista, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**



## AGRADECIMENTOS

A vida é uma construção constante e o que somos é resultado desse processo. Por isso, quero agradecer a todos aqueles que ao longo da minha vida contribuíram para o crescimento do meu conhecimento.

Quero agradecer ao meu orientador científico o Engenheiro Luís Castanheira, pela disponibilidade e pela confiança demonstradas.

Um agradecimento muito especial para o meu grande amigo José Fontão, por ter sido o motor que impulsionou a minha entrada neste curso.

Um agradecimento de amizade e grande apreço ao meu grande amigo e sócio António Cunha Pereira, pelo sempre incentivo, ajuda e companheirismo.

Por fim, um super agradecimento à minha esposa Edite Mendes, pelo constante apoio, incentivo e motivação, que permite que cada dia da minha vida seja encarado com um sorriso nos lábios e me dá a força necessária a ultrapassar cada barreira com naturalidade.

## **PALAVRAS CHAVE**

Eficiência energética, energia fotovoltaica, autoconsumo, análise de viabilidade económica, contrato de desempenho energético.

## **RESUMO**

As energias renováveis têm sido alvo de grande interesse e estudo dos tempos atuais. A evolução da sociedade, maioritariamente devido ao estilo de vida moderno, evoluiu no sentido do aumento da procura de energia. Este investimento nas formas de geração de energia alternativa deveu-se não só ao aumento da procura, mas também à diminuição das reservas de combustíveis fósseis. Paralelamente, existem crescentes preocupações ambientais, dado o aquecimento global provocado pela emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE). A energia solar é a forma de energia mais abundante e inesgotável de todas as formas de energia renováveis. Por isso, a energia fotovoltaica tem desempenhado um papel promissor como forma de geração de energia alternativa.

O objetivo principal desde projeto visou o estudo e desenvolvimento de uma central fotovoltaica para autoconsumo numa indústria agroalimentar. Para tal, foi efetuada inicialmente uma revisão bibliográfica da energia solar fotovoltaica, a sua evolução ao longo do tempo, assim como uma referência à legislação portuguesa quanto a esta forma de energia.

Posteriormente, foi desenvolvida e descrita uma metodologia para um correto e mais apropriado dimensionamento da central fotovoltaica, de forma a clarificar quais os locais mais apropriados à instalação dos módulos fotovoltaicos.

O objetivo secundário centrou-se na análise de viabilidade económica do projeto em causa e no estudo da possibilidade de celebração de um contrato de desempenho energético.

O presente estudo permitiu dimensionar uma central de 673 kW pico de potência. Foi estimado, de forma conservadora, que a central produziria 926 MWh no primeiro ano, representando 36% das necessidades de energia elétrica da unidade industrial. A análise de viabilidade económica apresentou uma poupança anual de 104.830 €, permitindo um retorno do investimento em 6,3 anos. Por sua vez, a 25 anos, o projeto originaria um

Valor Atual Líquido (VAL) de 810.478€ (taxa de desconto de 4%) e uma Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) de 15%.

Concluiu-se ainda que o projeto apresenta viabilidade de financiamento por uma Empresa de Serviços Energéticos (ESE), através da celebração de um contrato de desempenho energético. Este teria a duração de 15 anos, com partilha de 10% dos resultados com a empresa. Do ponto de vista económico, este contrato permitiria um VAL de 113.060€ (taxa de desconto de 8%) e uma TIR de 11% para a ESE. Para a indústria estudada, para além de não apresentar encargos económicos iniciais, permitiria uma poupança energética adicional, no valor de 10.483€ para o primeiro ano, e de mais de 1.000.000€ acumulados no final do tempo de vida útil do sistema.



**KEYWORDS**

*Energy efficiency, Photovoltaic solar energy, Photovoltaic self-consumption, Economic viability analysis, Energy performance contract.*

**ABSTRACT**

A great deal of research and interest has been placed in renewable energy in current days. The evolution of society, mainly caused by modern lifestyle, has evolved towards growing demand of energy. This investment in new types of alternative energy was caused, not only due to the growing demand, but also because of fossil fuels depletion, coupled with increasing environmental concern, given the gas emission, the major cause for global warning. The solar energy is the most abundant and inexhaustible of all types of renewable energy. Therefore, photovoltaic energy is gaining a role as one of the most promising energy generation alternatives.

The main goal of this project was to study and develop a self-consumption photovoltaic system in an agro-alimentary industry. Primarily was developed a concept review of photovoltaic solar energy, as its evolution towards time, as well as a reference to Portuguese legislation closely related to this type of energy.

Posteriorly a methodology was developed to perform a photovoltaic system correct and appropriate scaling, towards clarifying witch location was the most suitable to install the photovoltaic modules.

The secondary objective was centered in the project economic viability analysis, and the study of a possible energy performance contract.

In this project, a photovoltaic system was dimensioned with a peak power of 673 kW. In a conservative manner, it was estimated that the photovoltaic system produced 926 MWh in its first year, corresponding to 36% of the industrial unit electric energy needs. The economic viability analysis reported annual savings of 104.830 €, allowing a return on investment in 6.3 years. On the other hand, in 25 years, the project would originate a Net Present Value (NPV) of 810.478 € (with a discount rate of 4%), and a Rate of return (IRR) of 15%.

It was also concluded that the project has financial viability for the investment of an energy services company, throughout a 15 year long contract of energy performance, with 10% of profit shared with the company. This contract would allow a NPV of 113.060

€ (with a discount tax of 8%) and an IRR of 11% for the energy services company. To the studied industry, in addition to not having initial economic charges, this project would allow an additional first year energy savings of 10.483€, and a total of 1.000.000 € at the end of the system useful life span.

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AC	Corrente Alternada
BTE	Baixa Tensão Especial
BTN	Baixa Tensão Normal
CFBE	Consumo Final Bruto de Energia
CH <sub>4</sub>	Metano
CIEG	Custos de interesse económico geral
CO <sub>2</sub>	Dióxido de Carbono
COMSAT	<i>American Communications Satellite Corporation</i>
C <sub>UPAC, m</sub>	Compensação paga no mês m por cada KW de potência instalada
DC	Corrente Contínua
DGEG	Direção Geral de Energia e Geologia
E <sub>d</sub>	Média diária da energia elétrica produzida (kWh)
EDP	Energias de Portugal
E <sub>fornecida, m</sub>	Energia fornecida à RESP no Mês m em kWh
E <sub>m</sub>	Média mensal da energia elétrica produzida (kWh)
ESE	Empresas de Serviços Energéticos
EVO	<i>Efficiency Valuation Organization</i>
FER	Fonte de Energias Renováveis
G <sub>a</sub>	Radiação solar
GEE	Gases com Efeito de Estufa
H <sub>d</sub>	Média diária da soma da radiação recebida por metro quadrado
H <sub>m</sub>	Média mensal da soma da radiação recebida por metro quadrado
I	Corrente elétrica (Ampere)
I <sub>max</sub>	Corrente máxima
IPMVP	<i>International Performance Measurement and Verification Protocol</i>
I <sub>sc</sub>	Corrente de Curto-circuito
I <sub>z</sub>	Corrente admissível
K <sub>t</sub>	Coeficiente de ponderação a aplicar ao V <sub>CIEG, t</sub>
M&V	Medição e Verificação
MIBEL	Mercado Ibérico de Eletricidade
MPP	<i>Maximum Power Point</i>
MRE	Medidas de Racionalização Energética
MT	Média Tensão
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
N <sub>PM</sub>	Número de células em paralelo
N <sub>SM</sub>	Número de células em série
O&E	Operação e Manutenção
OMIE	Operador Mercado Ibérico de Eletricidade
OMIE <sub>m</sub>	Valor médio mensal do preço de fecho no OMIE para Portugal

PHP	Potência em horas de Ponta
P <sub>máx</sub>	Potência Máxima
PT	Posto de Transformação
P <sub>UPAC</sub>	Valor da potência instalada da UPAC
PV	<i>Photovoltaic</i>
PVgis	<i>Photovoltaic Geographical Information System</i>
QE	Quadro de entrada
QGBT	Quadro Geral de Baixa Tensão
QP	Quadro parcial
R	Resistência
RESP	Rede Elétrica de Serviço Público
R <sub>opt</sub>	Resistência no ponto de operação
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
R <sub>UPAC,m</sub>	Remuneração da eletricidade fornecida à RESP no mês m em €
SEN	Serviço Elétrico Nacional
SERUP	Sistema Eletrónico de Registo das Unidades de Produção
SRM	Sistema de registo microprodução
SRMini	Sistema de registo miniprodução
STC	<i>Standard Test Conditions</i>
t	Ano de emissão do certificado de exploração da UPAC
TI	Transformador de Intensidade
TIR	Taxa Interna de Rendibilidade
Un	Unidade
UPAC	Unidade de Produção de Autoconsumo
UPP	Unidade de Pequena Produção
V	Tensão
VAL	Valor Atual Líquido
V <sub>CIEG, t</sub>	Valor que permite recupera os CIEG da respetiva UPAC
V <sub>oc</sub>	Tensão Circuito Aberto
WACC	Taxa de desconto do capital
Wp	Watt pico

### Lista de Unidades

eV	Eletrão Volt
€	Euro
K	Kelvin
GW	Gigawatts
GWh	Giga Watt-hora
j	Joule
kWh	Quilo Watt-hora
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
MW	Megawatt
W	Watt

### Lista de Símbolos

$D_{sol}$	Diâmetro do sol
$e_b$	Poder emissivo total
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann
$\delta$	Declinação solar
$\beta$	Inclinação
$\varphi$	Latitude
$T$	Temperatura
$\pi$	Pi
$A$	Área
$^{\circ}$	Graus
$^{\circ}\mathcal{C}$	Graus Celsius
$P_{sol}$	Potência de Radiação do Sol
$S_{on}$	Constante Solar medida fora da atmosfera e normal aos raios



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: EVOLUÇÃO DA CAPACIDADE INSTALADA DE SOLAR FOTOVOLTAICO EM PAÍSES EUROPEUS (SCHMELA, 2016).	26
FIGURA 2: EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA EM PORTUGAL (DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, 2016)	31
FIGURA 3: EVOLUÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA DE TECNOLOGIA RENOVÁVEL EM PORTUGAL (DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, 2016).	32
FIGURA 4: CONTRIBUTO DAS ENERGIAS RENOVÁVEIS NO CFBE E METAS DA DIRETIVA 2009/28/CE (DIREÇÃO GERAL DE ENERGIA E GEOLOGIA, 2016).	32
FIGURA 5: RADIANCIA GLOBAL E POTENCIAL DE ELETRICIDADE SOLAR PARA MÓDULOS FOTOVOLTAICOS NA HORIZONTAL EM PORTUGAL (THOMAS HULD, 2016)	35
FIGURA 6: ESTRUTURA CRISTALINA DO SILÍCIO (CASTRO, 2002)	39
FIGURA 7: ESTRUTURA DO SILÍCIO PURO, TIPO “N” E “P” (SUNFLOWER SOLAR, 2016)	39
FIGURA 8: CORTE TRANSVERSAL DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA (BLUE SOL EDUCACIONAL, 2016)	40
FIGURA 9: EFEITO FOTOVOLTAICO NA JUNÇÃO P-N (BLUE SOL EDUCACIONAL, 2016)	41
FIGURA 10: IMAGEM DE CÉLULAS MONOCRISTALINAS E POLICRISTALINAS (SUNFLOWER SOLAR, 2016)	41
FIGURA 11: EXEMPLO DE ESQUEMA DE MÓDULO FOTOVOLTAICO (CASTRO, 2002)	43
FIGURA 12: ESQUEMA DE DÍODO <i>BYPASS</i> E DE BLOQUEIO (CENTRO DE REFERÊNCIA PARA A ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO, 2016)	44
FIGURA 13: CURVA I-V DE UM MÓDULO FOTOVOLTAICO (FERREIRA, 2016)	45
FIGURA 14: ALTERAÇÃO DA CURVA I-V COM RADIANCIA, ADAPTADA DE (FERREIRA, 2016)	46
FIGURA 15: ALTERAÇÃO DA CURVA I-V COM A TEMPERATURA, ADAPTADA DE (FERREIRA, 2016)	46
FIGURA 16: ALTERAÇÃO DA CURVA P-V EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA, ADAPTADA DE (FERREIRA, 2016)	47
FIGURA 17: EXEMPLO SIMPLIFICADO DE SISTEMA LIGADO À RESP (GREENTECH, 2016)	48
FIGURA 18: ESQUEMA DE UMA UPAC COM MAIS DE UM GERADOR PV DE POTÊNCIA SUPERIOR A 1,5 KW, COM ALIMENTAÇÃO DA RESP EM MT E CONTAGEM EM MT (CTE 64, 2015)	49
FIGURA 19: ESQUEMA BÁSICO DE UM SISTEMA ISOLADO	49
FIGURA 20: LOCALIZAÇÃO DO SOL (SOLAR TRADER INC., 2016)	50
FIGURA 21: DECLINAÇÕES DO SOL PARA TODOS OS DIAS DE UM ANO BISSEXTO (RIBEIRO, 2011)	51
FIGURA 22: RELAÇÕES NUM CONTRATO DE DESEMPENHO	58
FIGURA 23: EXEMPLO FUNCIONAL DE UM CONTRATO DE DESEMPENHO	59
FIGURA 24: DIAGRAMA DE ESCOLHA DA OPÇÃO IPMVP (FEDENE - FÉDÉRATIONS DES SERVICES ÉNERGIE ENVIRONNEMENT, 2011)	63
FIGURA 25: VISTA AÉREA DA UNIDADE INDUSTRIAL	71
FIGURA 26: IMAGEM AÉREA IDENTIFICAÇÃO DE LOCAIS POTENCIAIS A INSTALAR A CENTRAL FOTOVOLTAICA	72
FIGURA 27: PRODUÇÃO DE SISTEMA COM 1 KWP INCLINAÇÃO DE 15° E 30° (THOMAS HULD, 2016)	75
FIGURA 28: PRODUÇÃO DE SISTEMA COM 1 KWP INCLINAÇÃO DE 0° E 30° (THOMAS HULD, 2016)	75
FIGURA 29: DIAGRAMA DE CARGAS DE MARÇO	76
FIGURA 30: GRÁFICO DOS CONSUMOS DE ENERGIA AO LONGO DE 2015	76
FIGURA 31: PERÍODO TARIFÁRIO MT (ERSE, 2016)	77

---

FIGURA 32: % DE CONSUMO POR PERÍODO TARIFÁRIO	78
FIGURA 33: EVOLUÇÃO DOS CONSUMOS AO LONGO DO ANO POR PERÍODO TARIFÁRIO	79
FIGURA 34: % DE CUSTOS POR PERÍODO TARIFÁRIO	80
FIGURA 35: EVOLUÇÃO DOS CUSTOS AO LONGO DO ANO	81
FIGURA 36: LOCAIS DE INSTALAÇÃO DA SOLUÇÃO ÓTIMA	83
FIGURA 37: GRÁFICO DA PRODUÇÃO VS CONSUMO JANEIRO	84
FIGURA 38: GRÁFICO DE PRODUÇÃO VS CONSUMO MARÇO	85
FIGURA 39: GRÁFICO PRODUÇÃO VS CONSUMO JUNHO	85
FIGURA 40: GRÁFICO PRODUÇÃO VS CONSUMO AGOSTO	86
FIGURA 41: GRÁFICO DO <i>CASH FLOW</i> ACUMULADO DO PROJETO	88
FIGURA 42: EXEMPLO DE SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO DE GESTÃO (HUAWEI, 2016)	92
FIGURA 43: <i>CASH FLOW</i> ACUMULADO INVESTIDOR	93
FIGURA 44: <i>CASH FLOW</i> ACUMULADO EMPRESA	93

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS .....	73
TABELA 2: CONSUMOS ANUAIS.....	78
TABELA 3: TARIFA DE ELETRICIDADE .....	79
TABELA 4: CUSTOS ANUAIS .....	80
TABELA 5: RESUMO DE SIMULAÇÕES.....	82
TABELA 6: SOLUÇÃO ÓTIMA A INSTALAR .....	83
TABELA 7: CUSTOS POR RUBRICA DA INSTALAÇÃO.....	86
TABELA 8: ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÓMICA.....	89
TABELA 9: RESUMO DE DADOS DE AVALIAÇÃO .....	90
TABELA 10: ANÁLISE DE VIABILIDADE INVESTIDOR.....	94
TABELA 11: TABELA RESUMO PROJETO FINANCIADO.....	95



# ÍNDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>25</b>
<b>1.1</b>	<b>Contextualização</b>	<b>26</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>27</b>
<b>1.3</b>	<b>Organização do relatório</b>	<b>28</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>31</b>
<b>2.1</b>	<b>Radiação Solar</b>	<b>33</b>
<b>2.2</b>	<b>Solar fotovoltaico</b>	<b>36</b>
2.2.1	História do Fotovoltaico	36
2.2.2	Células Fotovoltaicas	38
2.2.3	Módulos Fotovoltaicos	42
2.2.4	Sistemas Fotovoltaicos	47
2.2.5	Posicionamento de painéis fotovoltaicos	50
<b>2.3</b>	<b>Legislação Vigente em Portugal</b>	<b>52</b>
2.3.1	Processo de licenciamento	54
2.3.2	Remuneração de unidades de pequena produção (UPP)	54
2.3.3	Remuneração de unidades de produção para autoconsumo (UPAC)	55
<b>2.4</b>	<b>Contratos de desempenho energético</b>	<b>58</b>
2.4.1	Medição e verificação	60
2.4.2	Protocolo Internacional de Medição e Verificação	61
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>65</b>
<b>3.1</b>	<b>Metodologia de dimensionamento</b>	<b>65</b>
3.1.1	Caracterização do local e possíveis locais de instalação	65
3.1.2	Caracterização da radiação local	66
3.1.3	Caracterização do consumo de energia da instalação	66
3.1.4	Dimensionamento da potência do sistema	67
3.1.5	Análise de viabilidade económica	68
3.1.6	Definição do sistema	70
<b>3.2</b>	<b>Caso de estudo – Indústria Agroalimentar</b>	<b>70</b>
3.2.1	Caracterização do local e possíveis locais de instalação	71
3.2.2	Caracterização da radiação local	74
3.2.3	Caracterização do consumo de energia da instalação	76

---

3.2.4	Dimensionamento da potência do sistema	81
3.2.5	Dimensionamento do sistema	83
3.2.6	Análise de viabilidade económica	86
3.2.7	Proposta de contrato de desempenho	91
<b>4</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>99</b>
<b>4.1</b>	<b>CONCLUSÃO INICIAL</b>	<b>99</b>
<b>4.2</b>	<b>CONCLUSÃO FINAL</b>	<b>102</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO</b>	<b>105</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>107</b>
<b>6.1</b>	<b>Fatura de eletricidade da instalação</b>	<b>108</b>
<b>6.2</b>	<b>Diagrama de Cargas</b>	<b>109</b>
<b>6.3</b>	<b>Radiâncias</b>	<b>115</b>
6.3.1	Sul 30°	116
6.3.2	Sul 15°	128
<b>6.4</b>	<b>Exemplo de contrato de desempenho</b>	<b>140</b>
<b>6.5</b>	<b>Exemplo de ficha técnica módulo solar</b>	<b>150</b>
<b>6.6</b>	<b>Exemplo de ficha técnica inversor</b>	<b>152</b>

# INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

1.2 OBJETIVOS

1.3 ORGANIZAÇÃO DO RELATÓRIO



## 1 INTRODUÇÃO

A evolução da sociedade, especialmente através da procura da melhoria do conforto e da qualidade de vida, tem aumentado a procura de energia. Este tem vindo a provocar um consumo crescente sobre os recursos não renováveis do planeta, levando ao aumento muito significativo da emissão de Gases com Efeito de Estufa (GEE) que provocam o aumento da temperatura média do planeta (Aquecimento Global).

As principais fontes de GEE de origem humana são (Agência Europeia do Ambiente, 2016):

- a queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás) na produção de eletricidade, nos transportes, na indústria e em utilizações domésticas (CO<sub>2</sub>);
- a agricultura (CH<sub>4</sub>) e as alterações da utilização dos solos, tal como a desflorestação (CO<sub>2</sub>);
- os aterros sanitários (CH<sub>4</sub>);
- a utilização de gases industriais fluorados.

Atendendo ao Aquecimento Global, tem-se verificado cada vez mais fenómenos climáticos extremos (Agência Europeia do Ambiente, 2016).

Por toda esta problemática temos assistido nas últimas décadas a um crescente interesse das autoridades Nacionais e Europeias em criar incentivos legislativos e de financiamento, que conduzam à diminuição da dependência do consumo de energia proveniente de fontes não renováveis.

Tais incentivos têm de facto impulsionado a investigação e o desenvolvimento de tecnologias de produção de energia renovável.

Especificamente a tecnologia fotovoltaica tem vindo a desenvolver-se e a crescer muito nos últimos anos. No primeiro trimestre de 2016, a Europa ultrapassou a meta dos 100 GW de Solar fotovoltaico instalada (ver Figura 1) e a China já instalou 7 GW (Schmela, 2016).

Por seu lado, em maio de 2016, Portugal já havia instalado 541 MW de painéis fotovoltaicos em todo o território (Direção Geral de Energia e Geologia, 2016), com um aumento nos últimos anos da instalação de centrais fotovoltaicas para autoconsumo. Estas últimas impulsionadas pelo novo Decreto – Lei nº 153/2014 de 20 de Outubro (Diário da República, 2014), que cria os regimes jurídicos aplicáveis à produção de

eletricidade destinada ao autoconsumo e venda à rede elétrica a partir de recursos renováveis, por intermédio de Unidades de Pequena Produção.

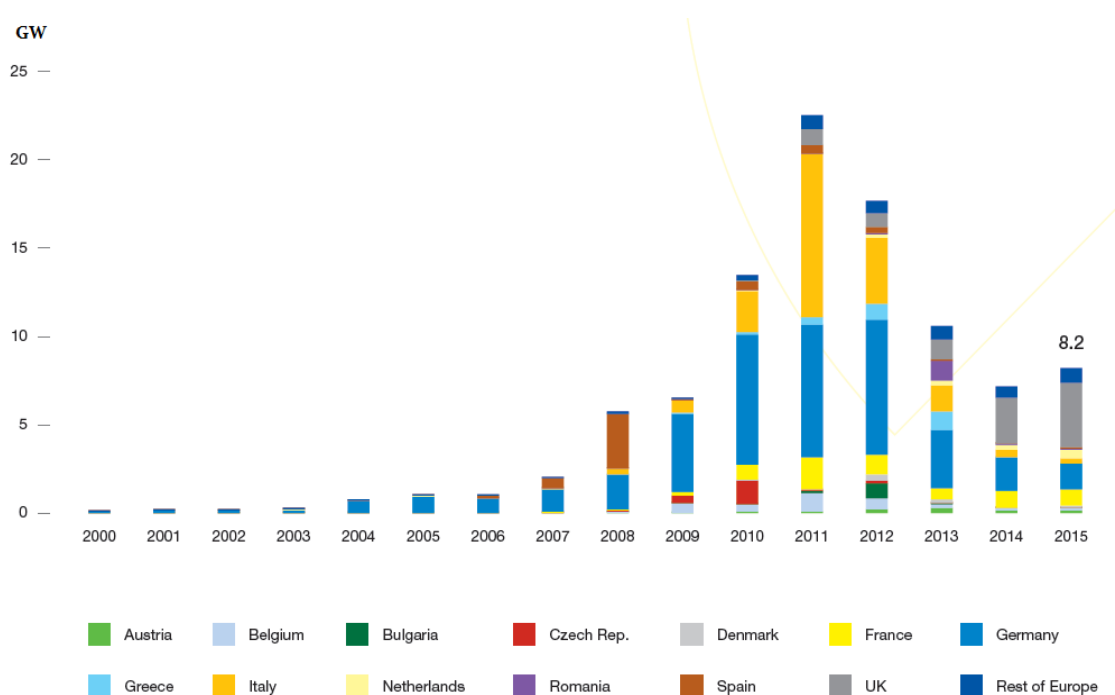


Figura 1: Evolução da capacidade instalada de Solar Fotovoltaico em países Europeus (Schmela, 2016).

## 1.1 Contextualização

Atualmente existe um real “*stress*” energético no planeta, provocado pelo consumo de recursos não renováveis que tem contribuído para o aquecimento global e as alterações climáticas. Existem incentivos legislativos nacionais e por parte da Comissão Europeia no sentido de substituir o consumo de energia de fontes fósseis por fontes renováveis. A crise económica e o aumento crescente do custo da energia tem um peso elevado no desenvolvimento do país, sobretudo no sector industrial. A título de exemplo, no período entre 1999 e 2016 o preço das tarifas de acesso às redes sofreu aumentos para Média Tensão (MT), Baixa Tensão Especial (BTE) e Baixa Tensão Normal (BTN) de 8,0%, 8,2% e 7,3%, respetivamente (Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, 2015). Atendendo ao supracitado, o sector industrial tem vindo a aumentar o interesse na instalação de centrais fotovoltaicas para autoconsumo.

Embora uma grande parte da indústria tenha interesse em diminuir a sua dependência da Rede Elétrica de Serviço Público (RESP) devido ao aumento do preço da energia, esta

evolução não se tem verificado ao ritmo desejado, dado que a maioria das indústrias não possuem capitais próprios para investir em projetos não “core”. No entanto, este obstáculo tem sido ultrapassado sobretudo através de projetos aprovados ao abrigo dos vários Programas Operacionais de Incentivos que operacionalizam o Portugal 2020.

É também neste contexto que surgem as Empresas de Serviços Energéticos (ESE’s) e alguns fundos de investimento dedicados ao sector da energia e da eficiência energética. Estas, por sua vez, para além de permitirem ausência inicial de investimento de capital próprio no projeto, assumem o risco financeiro e/ou tecnológico da instalação de uma central fotovoltaica, viabilizando deste modo a implementação do mesmo.

## 1.2 Objetivos

O objetivo principal deste projeto é o estudo da melhor solução técnico-económica de implementação de uma central de painéis fotovoltaicos numa indústria agroalimentar. Como objetivo secundário será fundamental encontrar um modelo de financiamento que permita viabilizar a implementação da central, sem recurso a capitais próprios da empresa.

Atendendo à complexidade do estudo em causa (estudo técnico e modelo de financiamento) para a central a instalar, os objetivos foram divididos da seguinte forma:

- Caracterização do vetor energético - eletricidade da instalação - com recurso ao diagrama de carga de 12 meses de 15 em 15 minutos;
- Estudo e caracterização dos possíveis locais a instalar a central e sua potencial orientação (cobertura da fábrica, solo disponível, orientações mais favoráveis, localização do Posto de Transformação (PT), localização do Quadro Geral de Baixa Tensão (QGBT), tensão de receção da rede, tensão de contagem de energia, existência de caminhos de cabos, entre outras);
- Avaliação económica das soluções técnicas consideradas;
- Implementação de um sistema de monitorização;
- Estudo e definição de um sistema de medição e verificação das produções e poupanças que a instalação irá obter.

### 1.3 Organização do relatório

O presente documento está organizado em quatro grandes capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Desenvolvimento e Conclusões.

No primeiro capítulo é descrita a contextualização do projeto de estudo e, concomitantemente, identificado o objetivo principal da tese e a sua subdivisão em objetivos secundários.

No segundo capítulo é feita uma revisão bibliográfica a todas as matérias de relevo ao estudo aqui elaborado. Inicialmente é definido o conceito de radiação solar e as várias componentes da mesma, seguido da evolução histórica dos sistemas fotovoltaicos e a descrição dos conceitos de célula, módulo e sistema fotovoltaico. Posteriormente é explorada a legislação vigente em Portugal relativamente à energia fotovoltaica, nomeadamente as Unidade de Pequena Produção (UPP) e as Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC). No final deste capítulo são ainda debatidos os contratos de desempenho energético, o processo de medição e verificação e a utilização do IPMVP (Protocolo internacional de medição e verificação).

No capítulo “Desenvolvimento” é descrito todo o trabalho realizado diretamente para o caso de estudo. Numa primeira fase é descrita a metodologia que foi utilizada no dimensionamento da central fotovoltaica. Esta consistiu em 6 passos consecutivos: caracterização do local e possíveis locais de instalação, caracterização da radiação local, caracterização do consumo de energia da instalação, dimensionamento da potência do sistema, análise de viabilidade económica e definição do sistema. Na segunda parte do capítulo é apresentado o caso de estudo seguindo a metodologia previamente descrita e elaborada uma análise à viabilidade do projeto no sentido de ser financiado por um fundo de investimento através da realização de um contrato de desempenho energético.

O último capítulo resume as conclusões do estudo realizado. Numa primeira análise são apresentados os resultados retirados ao longo do desenvolvimento do estudo. Numa segunda fase são apresentadas as conclusões macro do projeto e que atestam o alcance dos objetivos previamente propostos.

# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 RADIAÇÃO SOLAR

2.2 SOLAR FOTOVOLTAICO

2.3 LEGISLAÇÃO VIGENTE EM PORTUGAL

2.4 CONTRATOS DE DESEMPENHO ENERGÉTICO



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção de energia proveniente de fontes renováveis em Portugal tem vindo a crescer de forma significativa ao longo da última década, como se verifica na Figura 2, constatando-se uma subida de 25,8% para o ano móvel de maio de 2016, relativamente ao período homólogo anterior (Direção Geral de Energia e Geologia, 2016). A maior fatia da produção corresponde à energia proveniente de fontes hídricas, que aumentou para 61%. (Direção Geral de Energia e Geologia, 2016).

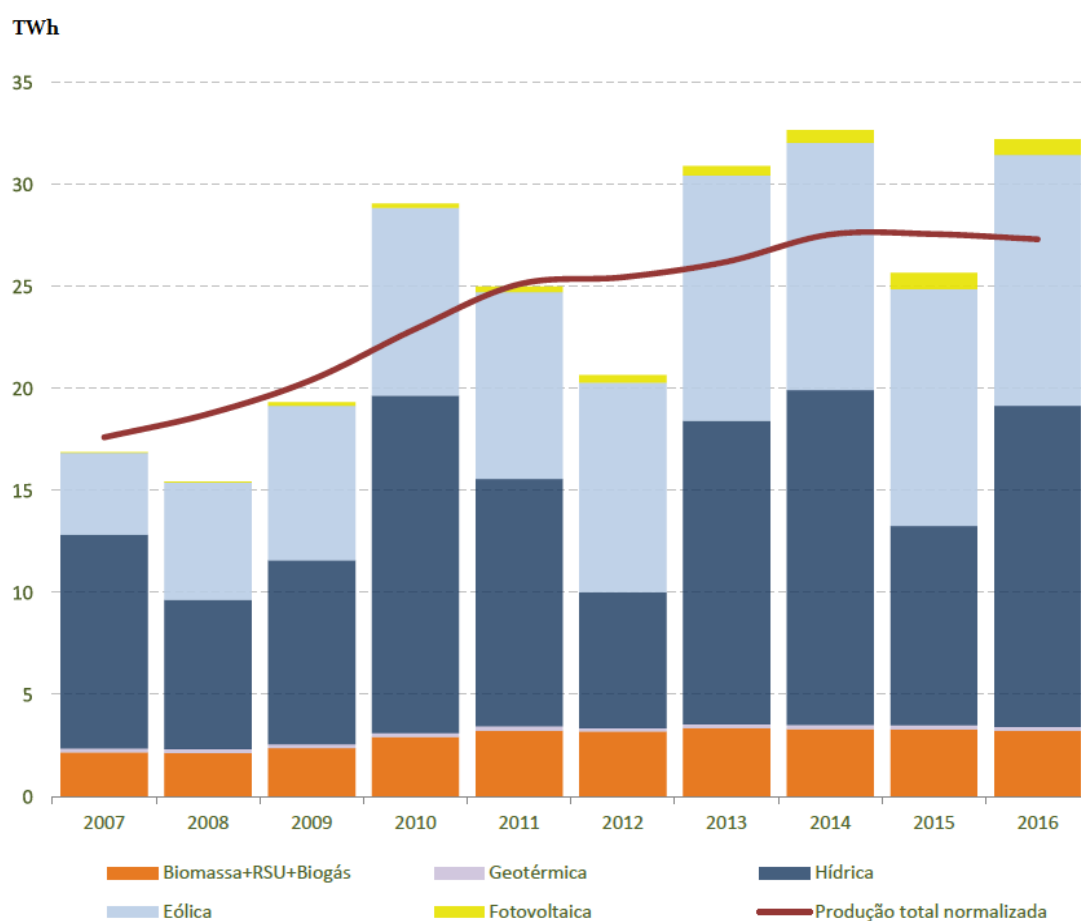


Figura 2: Evolução da produção de energia elétrica em Portugal (Direção Geral de Energia e Geologia, 2016)

Em termos de potência instalada e analisando a Figura 3, verifica-se que a tecnologia com maior crescimento absoluto de 2007 a 2016 foi a eólica (2,6 GW). Não obstante, uma avaliação mais cuidada permite diferenciar a energia fotovoltaica como a tecnologia que mais cresceu em termos relativos nos últimos nove anos, aumentando a potência instalada de residual para 541 MW (Direção Geral de Energia e Geologia, 2016).

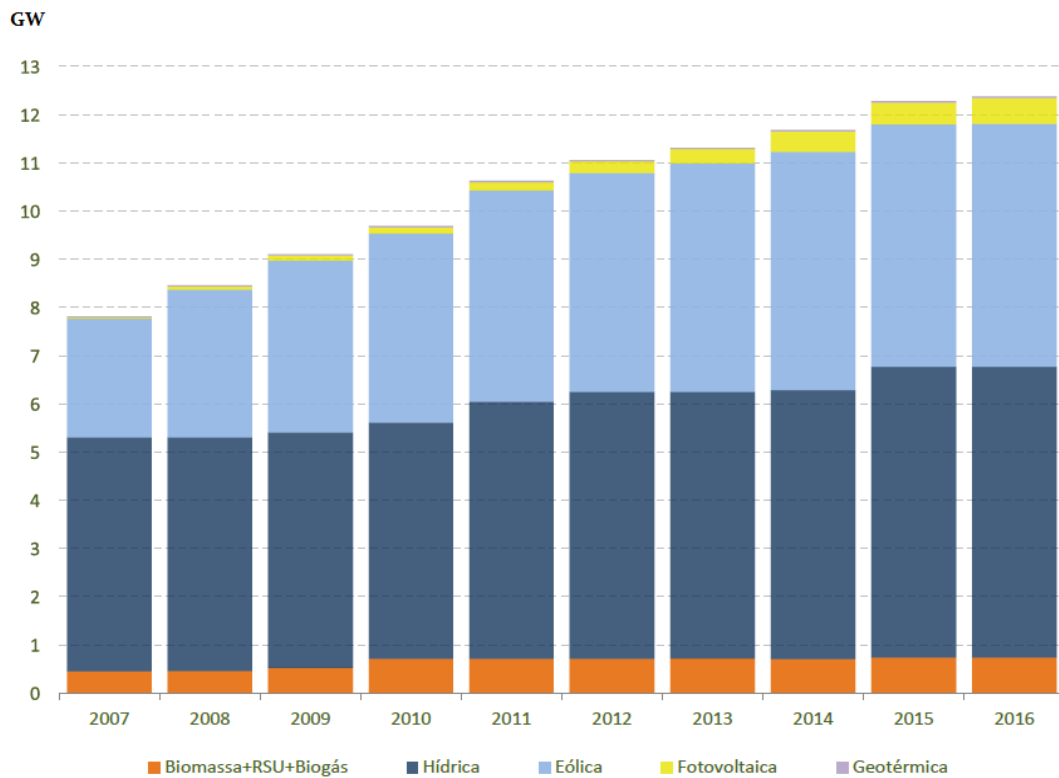


Figura 3: Evolução da potência instalada de tecnologia renovável em Portugal (Direção Geral de Energia e Geologia, 2016).

Apesar do significativo crescimento nos últimos anos, Portugal ainda está aquém do objetivo proposto pela União Europeia quanto à produção de energia por fontes renováveis (FER), relativamente ao Consumo Final Bruto de Energia (CFBE) (Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, 2009). Como se observa na Figura 4, em 2014 Portugal mantinha cerca de 27% de produção por FER, ainda abaixo da meta proposta para 2020 de 31%.

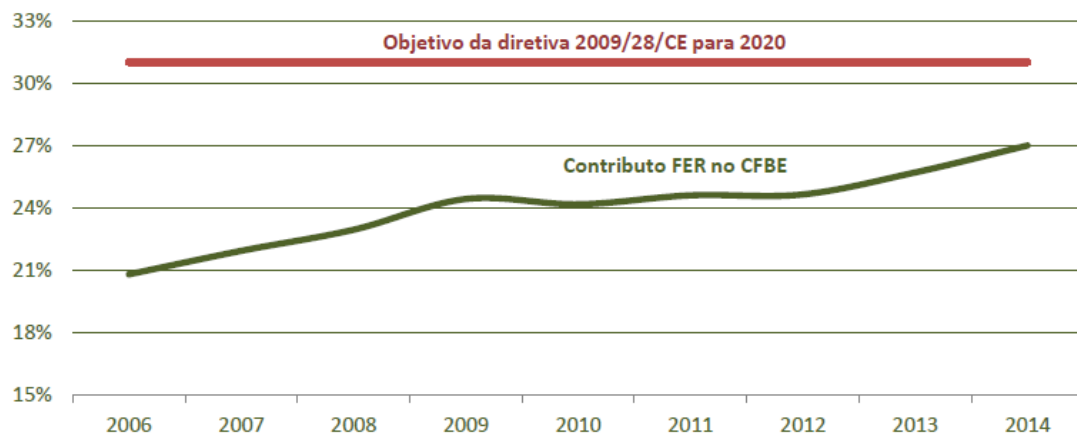


Figura 4: Contributo das energias renováveis no CFBE e metas da diretiva 2009/28/CE (Direção Geral de Energia e Geologia, 2016).

Para esse objetivo ser atingido, a quota de energia proveniente de fontes renováveis deve provir maioritariamente da produção de eletricidade, no aquecimento e arrefecimento (do setor da indústria, dos serviços e doméstico) e ainda dos transportes, como explicitado na diretiva comunitária 2009/28/CE (Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia, 2009).

## 2.1 Radiação Solar

A radiação solar é a quantidade de radiação eletromagnética emitida pelo sol, sendo esta comparável à radiação emitida por um corpo negro a 5780 K.

Assim sendo, podemos dizer que o poder emissivo total ( $e_b$ ) de um corpo negro (para todos os comprimentos de onda e em todas as direções) é dado por:

$$e_b = \sigma T^4 \quad (1)$$

Deste modo, para o caso do sol, considerando que  $T$  é a temperatura e  $\sigma$  a constante de Stefan-Boltzmann, o poder emissivo total é de 63288534 W/m<sup>2</sup>.

Por outro lado, a área da superfície exterior ( $A$ ) do Sol pode ser calculada por:

$$A = \pi D_{sol}^2 \quad (2)$$

Considerando o diâmetro do sol de 1,39x10<sup>9</sup> m ( $D_{sol}$ ), a área do sol calculada é de 6,07x10<sup>18</sup> m<sup>2</sup>.

Por conseguinte, a potência de radiação do sol ( $P_{sol}$ ) pode ser dada por:

$$P_{sol} = e_b \pi D_{sol}^2 \quad (3)$$

Logo, a potência de emissão de radiação pelo sol é de 3,84x10<sup>26</sup> W.

Uma vez que a distância média entre a terra e o sol é de 150x10<sup>9</sup> m, a potência emitida pelo sol por unidade de área da esfera imaginária que contém a órbita terrestre é definida como Constante Solar, cujo valor foi estimado em cerca de 1367 W/m<sup>2</sup> (Ribeiro, 2011).

A constante solar ( $S_{on}$ ) varia com a posição do Sol em relação à Terra e com a atividade solar, sendo possível calcular o valor médio diário da constante solar, através da seguinte equação:

$$S_{on} = 1367 \left( 1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right) \quad (4)$$

Onde  $S_{on}$  significa que o valor é calculado no limite da atmosfera (expresso em  $W/m^2$ ) em função do dia  $n$  do ano, em que  $n=1$  corresponde ao dia 1 de Janeiro,  $n=2$  ao dia dois de Janeiro e assim sucessivamente até ao dia 31 de Dezembro (Ribeiro, 2011).

No entanto, esta potência é reduzida à medida que atravessa a atmosfera, devido a fenómenos de reflexão, absorção e dispersão. Essa “perda” acontece pela interação da radiação com os vários gases e partículas em suspensão que compõem a atmosfera, sendo por este motivo dispersada. Ao chegar à superfície da terra é chamada de radiação difusa. Por seu lado, a radiação que atinge diretamente a superfície da terra pelo sol é designada de radiação direta. Por cada 100 W procedentes do Sol que chegam às camadas exteriores da atmosfera terrestre, cerca de 21 W atingem diretamente a superfície terrestre (radiação direta), 19 W são absorvidos pelas nuvens e 31 W são refletidos pelas nuvens para o espaço, sendo os restantes 29 W difundidos pelas nuvens para a Terra (radiação difusa).

Por outro lado, a radiação que resulta da reflexão da radiação direta e difusa na vegetação, no edificado e no solo, é designada de albedo. É a soma destas componentes (direta, difusa e albedo) que é chamada de radiância. Esta radiação é a que atinge a superfície de um painel fotovoltaico (Ribeiro, 2011).

Assim sendo, é necessário proceder à medição destes componentes da radiância para se registar valores médios por local e conseqüentemente, ser possível fazer o dimensionamento de sistemas solares. Para esta medição podem ser usados vários equipamentos, como por exemplo: o radiómetro que mede o espectro eletromagnético; o piranómetro que mede a radiação global numa superfície; o heliógrafo que mede e regista o número de horas de insolação; o pireliómetro que mede a radiação solar direta.

O conjunto destes dados permite construir mapas de radiância como observado na Figura 5.

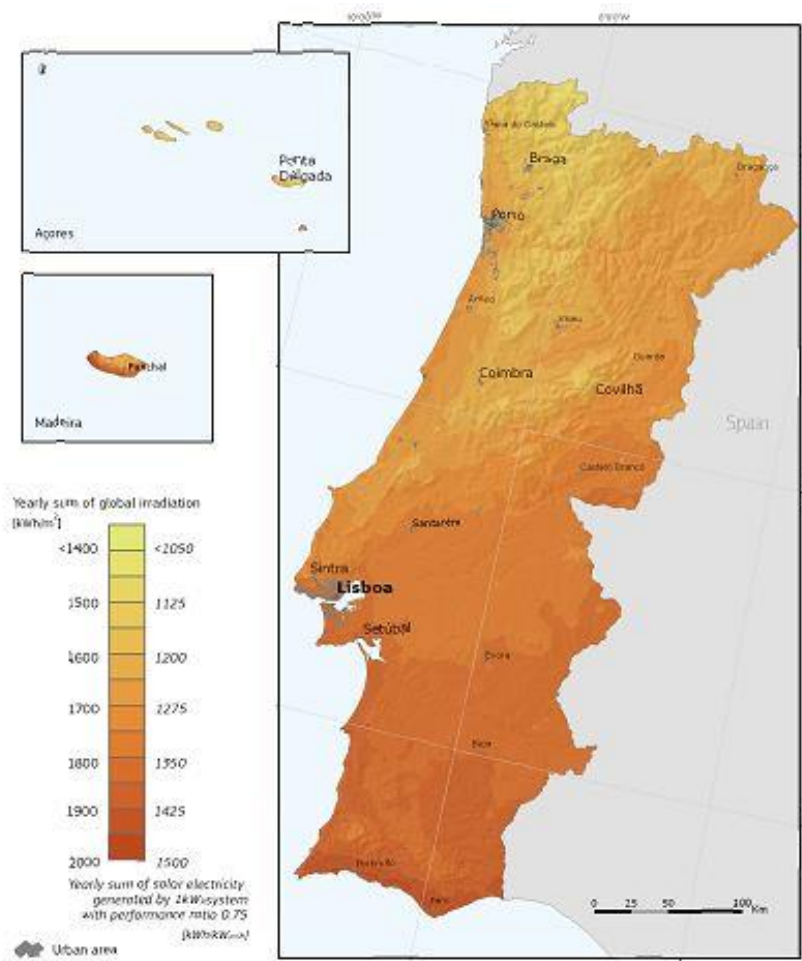


Figura 5: Radiância Global e potencial de eletricidade solar para módulos fotovoltaicos na horizontal em Portugal (Thomas Huld, 2016)

## 2.2 Solar fotovoltaico

### 2.2.1 História do Fotovoltaico

A produção de uma diferença de potencial a partir da exposição de materiais à luz, designado de efeito fotovoltaico, foi observado pela primeira vez pelo físico francês Alexander Edmond Becquerel em 1839. Este constatou que placas metálicas de platina ou prata mergulhadas num eletrólito e expostas a radiação, produziam uma pequena diferença de potencial (Flood, 1995).

Em 1873, o engenheiro eletrotécnico inglês Wiloughby Smith, descobriu as propriedades fotovoltaicas no Selênio. Posteriormente, em 1877, dois cientistas de Cambridge, W. G. Adams e R. E. Day, estudaram as propriedades fotocondutoras do Selênio, e produziram o primeiro dispositivo sólido de produção de eletricidade por exposição a radiação com um rendimento estimado de cerca de 0,5% (Flood, 1995).

No entanto, só em 1883 foi construída a primeira célula fotovoltaica utilizando selênio por Charles Edgar Fritts. Apesar da sua baixa eficiência, no final do século XIX Werner Siemens comercializou células de selênio como fotômetros para máquinas fotográficas. Apesar desta evolução das células fotovoltaicas inicial, houve uma estagnação tecnológica posterior. Foi necessário aguardar pelas grandes evoluções científicas da primeira metade do século XX, como por exemplo, a explicação do efeito fotoelétrico em 1905 por Einstein, os estudos de mecânica quântica (sobretudo a teoria de bandas), e a física dos semicondutores. Para além disso, outro marco importante foi o desenvolvimento das técnicas de purificação e dopagem associadas ao desenvolvimento do transistor de silício.

O aparecimento da primeira geração de células fotovoltaicas semelhantes às atuais surgiram apenas em 1954, quando o químico Calvin Fuller, o físico Gerald Person e o engenheiro Daryl Chapin, colegas dos laboratórios Bell nos Estados Unidos, descobriram que o silício dopado era extremamente sensível à radiação. Após vários ensaios, alcançaram com sucesso a primeira célula fotovoltaica de silício. Estas células apresentavam como característica inovadora uma eficiência muito acima das anteriores, cerca de 6% (Flood, 1995).

Em 1955, após o Pentágono ter autorizado a publicação dos cientistas dos Laboratórios Bell, foi realizada a primeira aplicação da tecnologia para uma transmissão rádio. No

entanto, rapidamente se percebeu que a tecnologia era muito dispendiosa e só poderia ser utilizada em situações muito especiais, como por exemplo em aplicações espaciais. Foi então que em 1958, a NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) incorporou esta tecnologia como “back-up” de uma pilha convencional no satélite *Vanguard I*, lançado em Março desse ano (Flood, 1995).

A “corrida” ao espaço na década de 1960 promoveu avanços tecnológicos relevantes, permitindo o aumento de eficiência das células fotovoltaicas, como por exemplo, a substituição de um único contacto frontal, por vários mais finos e ainda a utilização de substrato do tipo “p” em vez do comum e mais caro do tipo “n” (Flood, 1995).

Um outro avanço importante foi o desenvolvimento da célula violeta, desenvolvida pela COMSAT (*American Communications Satellite Corporation*) e que apresentava uma eficiência de 13,5%, tendo sido incorporada no primeiro satélite de comunicações público “Early Bird” em 1965 (Flood, 1995).

Mesmo com todos os avanços provocados pela “guerra do espaço” entre americanos e soviéticos, o valor das células era ainda muito caro para serem amplamente disseminadas e apenas eram usadas em aplicações em que não tinham concorrência. Por este motivo eram utilizadas em comunicações remotas e bóias de navegação, como o caso das células produzidas pela SOLAREX, empresa de Joseph Lindmeyer que esteve associado de forma muito próxima à COMSAT e à sua componente de comunicações nos satélites (Flood, 1995).

Outro grande passo que impulsionou o desenvolvimento da tecnologia foi a crise do petróleo de 1973, com a subida do preço para o quádruplo. O medo provocado pelo mercado volátil associado aos combustíveis fósseis promoveu o investimento em energias alternativas, através da criação de vários programas de financiamento para o desenvolvimento tecnológico da energia nuclear e das energias renováveis (energia eólica, solar e biomassa). Estes programas vieram permitir a introdução de novos materiais, principalmente o caso do silício policristalino (substancialmente mais barato que a produção de células de cristal único - monocristalino), assim como a introdução de novos métodos de produção, como a produção de silício em fita (em detrimento dos lingotes que tornava a produção muito mais cara). Todos estes avanços permitiram a queda do preço das células cerca de 5 vezes durante a década de 1970, até aos 12 dólares por Wp (Flood, 1995).

Nas décadas de 1980 e 1990 continuaram os investimentos em projetos um pouco por todo o mundo, como por exemplo, a central fotovoltaica de 2 MW instalada pelo município de Sacramento na Califórnia, Estados Unidos da América (Flood, 1995).

Já na União Europeia, outros estímulos ao fotovoltaico, como por exemplo as tarifas garantidas, permitiram o crescimento deste mercado. Em 1998 foi desenvolvida a primeira célula de silício monocristalino com 24,7% de eficiência (O. Schultz, 2006) e mais recentemente, em 2008, investigadores da universidade de Delaware nos Estados Unidos da América, construíram uma célula fotovoltaica em laboratório com 42,7% de eficiência (Barnett A., 2009).

Hoje em dia os sistemas fotovoltaicos são amplamente utilizados nas mais diversas aplicações para geração de energia, desde tecnologia espacial, a alimentação de semáforos e de sinais rodoviários, de telefones de emergência em autoestradas, e na eletrificação rural, através do abastecimento elétrico em locais sem rede, bombagem de água e irrigação, substituindo os sistemas convencionais, entre outras.

### 2.2.2 Células Fotovoltaicas

As células fotovoltaicas são o elemento chave de um sistema, uma vez que é nelas que se dá o efeito fotovoltaico através do qual é possível converter a energia da radiação solar em energia elétrica. Estas células são constituídas por um ou vários materiais semicondutores, isto é, materiais sólidos de estrutura cristalina que possuem condutividade elétrica, posteriormente dopados de forma a criarem um meio adequado à conversão de energia.

A matéria mais utilizada para a produção de células fotovoltaicas é o silício, semimetal formado por catorze prótons e catorze eletrões, tendo na sua estrutura atómica 4 eletrões na camada de valência. Quando é constituído um cristal de silício, os átomos formam quatro ligações covalentes com os átomos vizinhos (ver Figura 6).

Com esta partilha de eletrões entre átomos vizinhos, a camada de valência de cada um fica completa e estável.

Para que exista movimentação dos eletrões da camada de valência para a camada de condução é necessário o fornecimento de energia suficiente para ultrapassar essa barreira de energia, que para o caso do silício tem o valor de 1,12 eV (Castro, 2002). O fornecimento dessa energia pode ser feita por meio de radiação que, após atingir um

eletrão na camada de valência, faz com que os mesmos “saltem” para a camada de condução, deixando um “buraco” no seu lugar.

Não obstante, uma célula fotovoltaica de cristais de silício pura não permite produzir

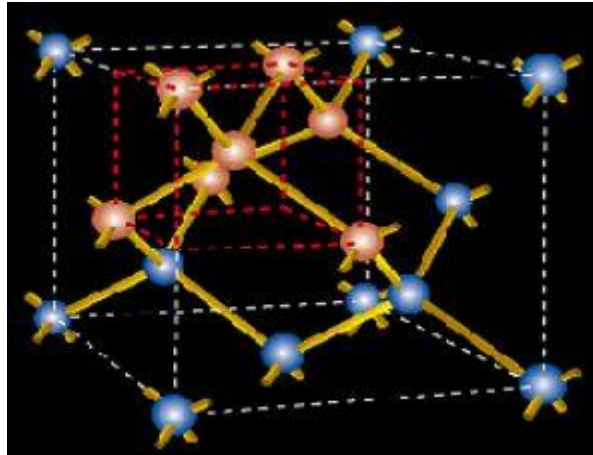


Figura 6: Estrutura cristalina do silício (Castro, 2002)

energia elétrica, pois existe sempre uma recombinação entre os elétrons de forma a ser restabelecido o equilíbrio e a neutralidade do material.

Por conseguinte, para que exista geração de corrente elétrica é necessário criar uma diferença de potencial entre duas zonas da célula. Essa diferença de potencial é conseguida através dos chamados processos de dopagem, que resulta da introdução de elementos como boro e o fósforo na estrutura cristalina do Silício, criando duas camadas na célula, a camada tipo “p” (excesso de cargas positivas) e a camada tipo “n” (excesso de cargas negativas), como evidenciado na Figura 7.

O boro com 3 elétrons de valência é o dopante do tipo “p” mais utilizado. Um átomo deste elemento forma quatro ligações covalentes com quatro átomos vizinhos de silício, mas como só possui três elétrons de valência uma das ligações covalentes é formada

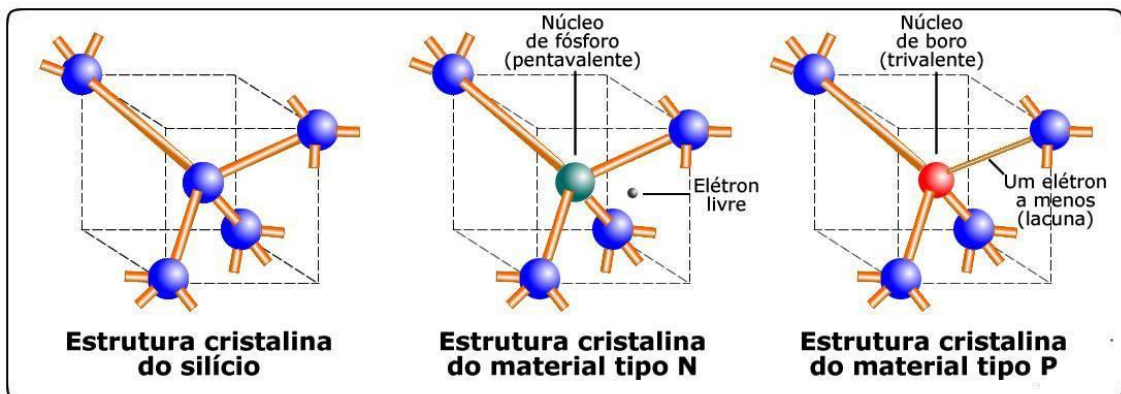


Figura 7: Estrutura do silício puro, tipo “n” e “p” (SunFlower Solar, 2016)

com um só elétron, ou seja é criado um “buraco”. A ausência desse elétron faz com que

se comporte como uma carga positiva no material, pois sempre que um elétron vizinho preenche esse “buraco” outro necessariamente se abre noutra local da estrutura. A razão normalmente utilizada entre átomos de boro e de silício é de 1 para 10 milhões (Castro, 2002).

Por seu lado, o fósforo é usado como dopante do tipo “n”. Como tem 5 elétrons de valência, ao ligar-se à estrutura do silício deixa “livre” um elétron que pode deslocar-se pela estrutura. A razão normalmente utilizada entre átomos de fósforo e silício é de 1 para 1000 (Castro, 2002).

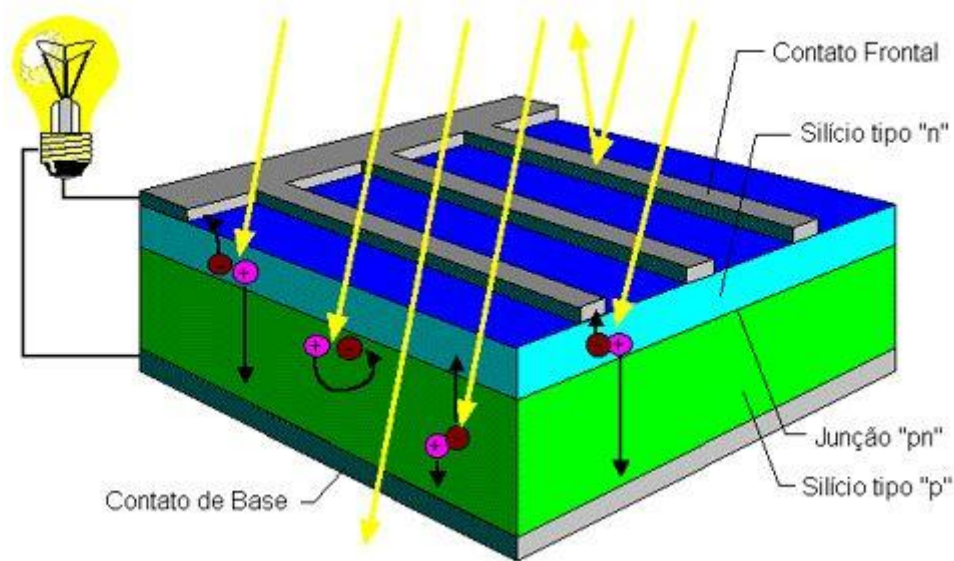


Figura 8: Corte transversal de uma célula fotovoltaica (Blue Sol Educacional, 2016)

Na região onde os dois materiais se encontram, designada de junção “p-n” (ver Figura 8), é criado um campo elétrico que separa os portadores de carga que a atingem: os elétrons, excitados pela radiação com energia suficiente para excitarem elétrons de valência para a banda de condução, são acelerados para um terminal negativo, ao passo que os “buracos” passam para o terminal positivo. Nestas condições, ligando os terminais a um circuito que se fecha exteriormente através de uma carga, circula eletricidade (ver Figura 9).

Existem 3 gerações de células fotovoltaicas (Figura 10). As células de primeira geração são constituídas por células de silício monocristalino e policristalino e os seus rendimentos variam entre os 11 e os 23%. As monocristalinas tem um rendimento

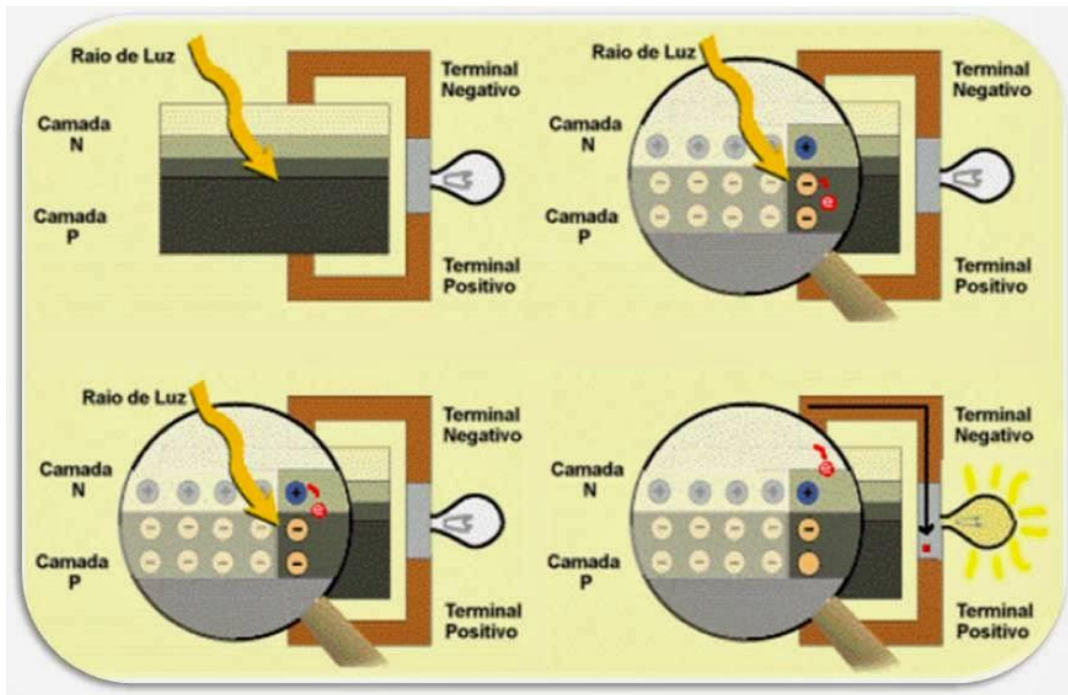


Figura 9: Efeito fotovoltaico na junção p-n (Blue Sol Educacional, 2016)

superior (entre 16% e 23% em laboratório) e são produzidas a partir de técnicas de fabricação mais complexas e dispendiosas, que requerem maior quantidade de energia no processo, dada a exigência de utilizar materiais com um elevado grau de pureza e estruturas cristalinas perfeitas. Por seu lado, as policristalinas tem um custo de produção inferior, mas apresentam rendimentos inferiores (entre 11 e 18%) devido à utilização de materiais menos puros e imperfeição da estrutura cristalina.

As células de segunda geração são formadas por silício amorfo, que apresentam um

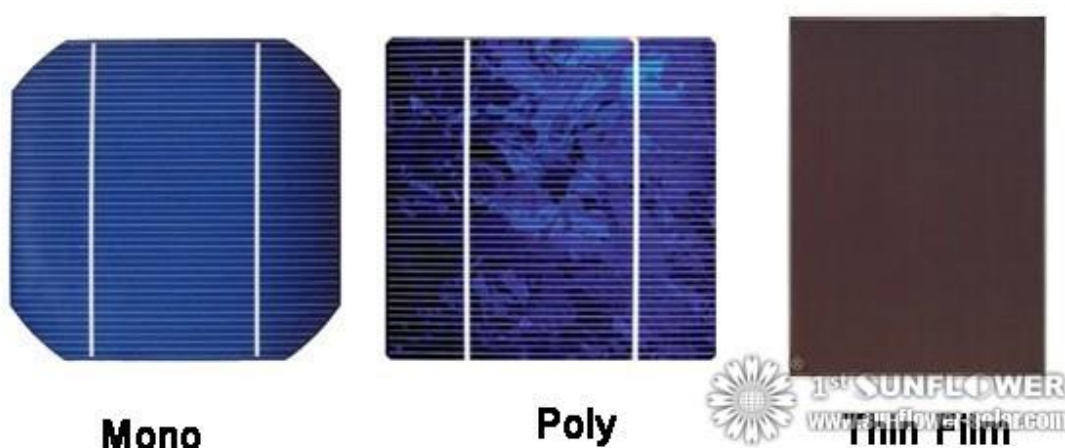


Figura 10: Imagem de células monocristalinas e policristalinas (SunFlower Solar, 2016)

custo menor, mas apresentam um rendimento inferior às de primeira geração (entre os 8% e os 13% em laboratório). Estas células são películas muito finas, permitindo que sejam utilizadas também para produzir materiais de revestimento, o chamado *Thin Film*

*Solar*. No entanto esta tecnologia para além de ser menos eficiente também apresenta índices de degradação elevados logo nos primeiros meses.

As células de terceira geração são produzidas a partir de compostos orgânicos, polímeros ou moléculas que tem na sua estrutura hidrogénio e carbono. Uma vez que as células solares de polímeros são um subtipo com baixos custos de produção, são aquelas que estão a ser alvo de maiores estudos para vários tipos de aplicações. Estas são muito finas e flexíveis, podendo ser produzidas em grande escala de forma rápida e simples, mas apresentam ainda baixa estabilidade e rendimento em comparação com as duas primeiras gerações (plasticphotovoltaics.org, 2016).

### 2.2.3 Módulos Fotovoltaicos

As células são encapsuladas de forma a serem protegidas dos agentes atmosféricos e de outros efeitos potencialmente danificadores para a sua longevidade. O conjunto transportável de células forma um módulo solar fotovoltaico. Estes módulos podem ser ligados em série ou paralelo ou de forma mista de modo a satisfazer a aplicação desejada. Ao conjunto de módulos, os seus suportes, cablagens, etc, denomina-se sistema fotovoltaico.

Assim, os módulos são normalmente ligados de forma a proporcionarem a tensão e a corrente necessária. Deste modo, quando é necessário uma tensão elevada, são agrupadas células em série. Por outro lado, quando se pretende uma corrente elevada, as células devem ser ligadas em paralelo (João Pinho, 2014).

Como se verifica no exemplo de um módulo fotovoltaico esquematizado na Figura 11, um módulo corresponde a um conjunto de  $N_{PM}$  ramos ligados em paralelo, cada um deles constituído por  $N_{SM}$  células ligadas em série (Castro, 2002).

Os módulos fotovoltaicos podem ser ligados entre si em série ou em paralelo, sendo que o conjunto de módulos ligados entre si é designado de *string* (fileira).

As ligações de módulos em série produz uma tensão igual à soma da tensão individual de cada um, mas a corrente é igual como se fosse um único módulo.

Por seu lado, a ligação de módulos em paralelo gera uma corrente igual à soma da corrente individual de cada um, sendo a tensão da *string* igual à tensão de cada módulo.

Em qualquer uma das situações o número de módulos ligados entre si vai ser definido pela tensão/corrente máxima de entrada do inversor.

Existe ainda a possibilidade de fazer uma ligação mista, ou seja, os módulos são ligados em série formando *strings* de forma a aumentar a tensão, e depois estas são ligadas em paralelo de forma a aumentar a corrente. Para que este tipo de ligação mista seja possível é preciso garantir que as *strings* são todas iguais (número de módulo, corrente, tensão e potência).

Quando existe uma ligação em série entre módulos e um dos módulos dentro da malha por algum motivo recebe menos radiação, a potência do sistema cai. Para ultrapassar

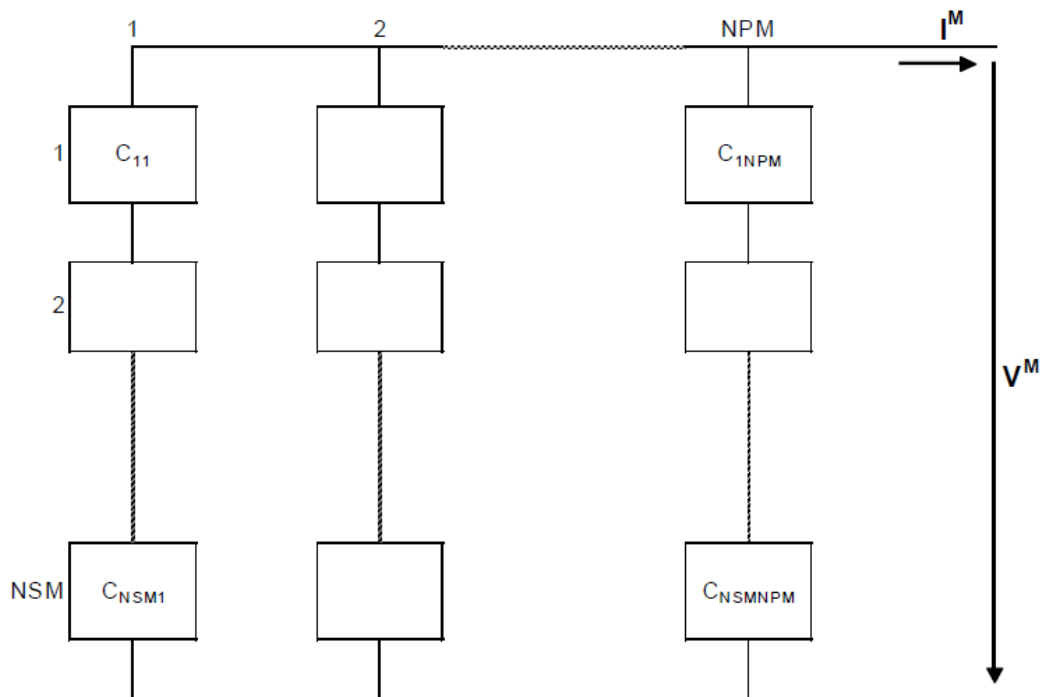


Figura 11: Exemplo de esquema de módulo fotovoltaico (Castro, 2002)

este obstáculo pode ser usado um diodo de *bypass* em cada módulo e por conseguinte a corrente do sistema não se limita à corrente do módulo afetado. Este diodo serve de caminho alternativo para a corrente e limita a dissipação de calor do módulo. A correção normalmente é feita ao nível do módulo, reduzindo custos caso fosse feita célula a célula (João Pinho, 2014).

Um outro problema que pode surgir é a circulação de corrente no sentido contrário ao do circuito normal. Essa corrente pode causar diminuição na eficiência dos módulos, podendo mesmo causar perda total do fluxo de energia na *string*. Para evitar esse problema é necessário recorrer a um diodo de bloqueio, impedindo a circulação de correntes contrárias (ver Figura 12).

As características dos módulos fotovoltaicos (parâmetros elétricos, térmicos e mecânicos) são medidas em condições de referência (STC – *Standard Test Conditions*, radiância de  $1000\text{W}/\text{m}^2$  e temperatura de  $25\text{ }^\circ\text{C}$ ) pelos fabricantes e entidades certificadoras para que exista uma uniformização da informação apresentada nas fichas técnicas aos interessados.

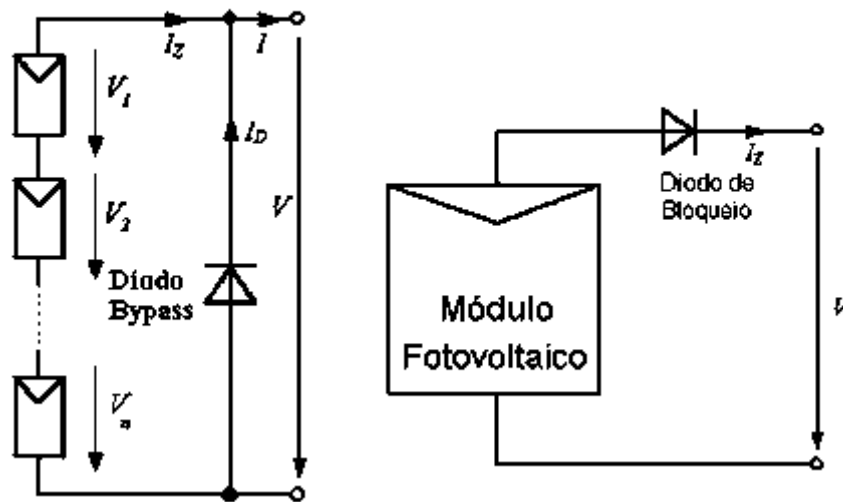


Figura 12: Esquema de diodo *bypass* e de bloqueio (Centro de referência para a energia solar e eólica Sérgio Brito, 2016)

Para fazer uma escolha entre módulos é necessário primeiramente proceder à análise do desempenho elétrico do módulo, que se prende pelo estudo da curva que relaciona tensão com a corrente (curva I-V). A região da curva característica compreendida entre  $I_{sc}$  e  $V_{oc}$  corresponde ao funcionamento da célula como gerador, para cada ponto da curva I-V, obtendo-se um valor de tensão e de corrente de trabalho, ou seja, uma potência ( $P=VI$ ). Esta curva apresenta a mesma forma para qualquer módulo nas condições STC (ver Figura 13). Na representação da Curva I-V é considerado que o módulo está a produzir corrente positiva a partir da radiação solar que recebe. Analisando em pormenor a Figura 13 e considerando que os terminais do módulo estão ligados a uma resistência variável ( $R$ ), o ponto de operação é determinado pela interseção da Curva I-V com a reta de carga. Para uma carga resistiva a característica é uma reta com declive  $1/R$ , mostrando que a potência fornecida à carga depende apenas do valor da resistência.

O funcionamento de um módulo pode dar-se em três zonas distintas, uma com baixo valor de  $R$ , uma com valor intermédio e outra com elevado valor de  $R$  (zona M-N, zona NP e zona P-S).

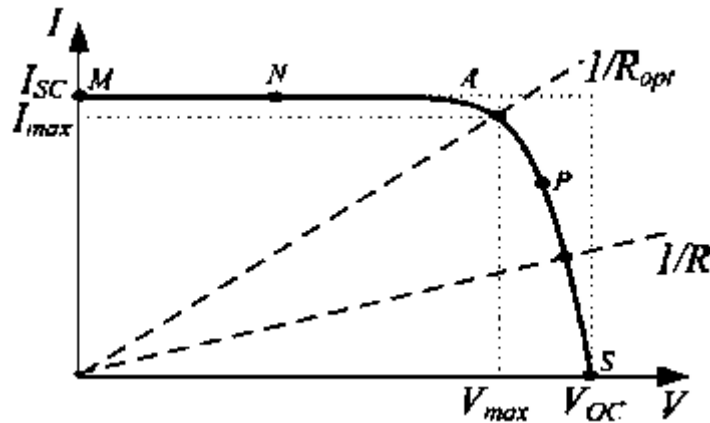


Figura 13: Curva I-V de um módulo fotovoltaico (Ferreira, 2016)

Quando a operação é realizada na zona M-N o módulo é considerado uma fonte de corrente constante, sendo o valor da corrente igual ao da corrente de curto-circuito ( $I_{SC}$ ). Por seu lado, sendo a operação efetuada na zona P-S o módulo comporta-se como uma fonte de tensão constante e o valor da tensão é igual á tensão em circuito aberto ( $V_{OC}$ ). O segmento N-P da curva I-V é a zona óptima para o melhor desempenho do módulo, uma vez que é o ponto em que a transferencia da potência é máxima (corrente e tensão máximas).

Por este motivo, será então desejável que a carga do módulo o mantenha nessa zona de funcionamento.

O desempenho de um módulo é ainda influenciado pelas condições a que é sujeito, nomeadamente a temperatura e a radiância que incide na sua superfície, pelo que se torna imprescindível estudar e controlar esses fatores.

As figuras 14, 15 e 16 refletem a variação da curva I-V de acordo com estas variáveis. Deste modo, como demonstrado na Figura 14, verifica-se que uma alteração da radiância incidente no módulo resulta numa variação da corrente de saída para qualquer valor de tensão. Conclui-se ainda que a corrente varia de forma diretamente proporcional à radiância, enquanto a variação de tensão é muito pequena. Por outro lado, tal como para outros semicondutores, a temperatura é um factor muito importante na análise e caracterização de uma célula solar.

Pode-se observar na Figura 15 que a corrente de curto-circuito aumenta ligeiramente com a temperatura, mas aparece uma diminuição forte da tensão de circuito aberto, pelo que, o rendimento de uma célula decresce com a temperatura. Assim, este factor tem uma influência significativa na resposta eléctrica do módulo, tendo em conta que em aplicações terrestres as células solares podem chegar facilmente a 70°C, sendo assim importante modelizar bem os coeficientes de temperatura.

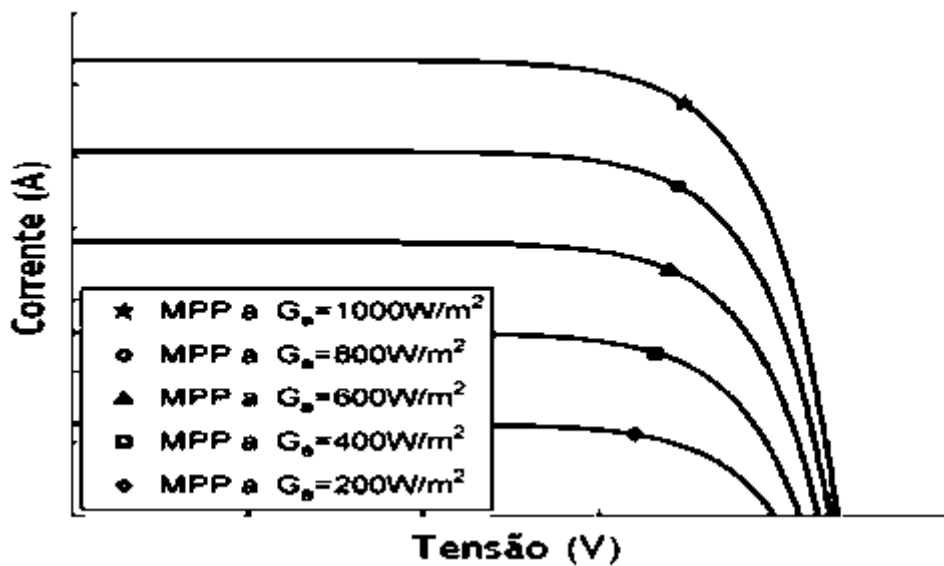


Figura 14: Alteração da Curva I-V com Radiação, adaptada de (Ferreira, 2016)

A potência é igualmente afectada pelas condições ambientais, pois a potência é o produto da tensão pela intensidade da corrente (expressa por  $P = VI$ ), como se apresenta na Figura 15, que se altera com variações de temperatura.

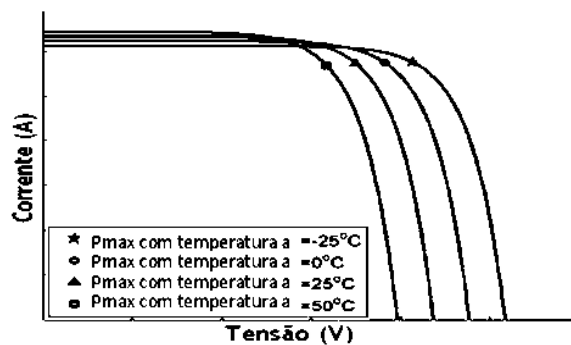


Figura 15: Alteração da Curva I-V com a temperatura, adaptada de (Ferreira, 2016)

A Figura 16 representa a curva característica potência versus tensão de um painel fotovoltaico e a sua variação com a temperatura. Nesta é evidente que o ponto de máximo desempenho, isto é, a potência máxima fornecida pelo módulo ( $P_{max}$ ) diminui com o aumento da temperatura. Deste modo, para garantir o máximo de eficiência do sistema é importante manter o funcionamento do módulo próximo de  $P_{max}$ .

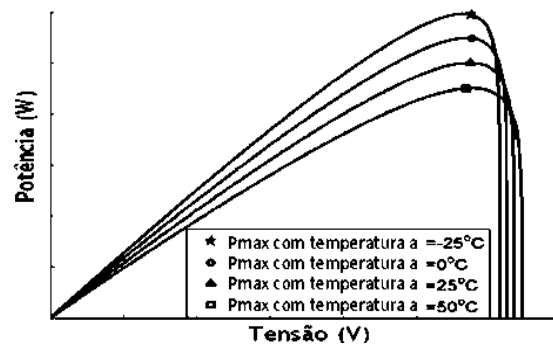


Figura 16: Alteração da curva P-V em função da temperatura, adaptada de (Ferreira, 2016)

#### 2.2.4 Sistemas Fotovoltaicos

Existem duas classificações para os sistemas fotovoltaicos, sistemas ligados à rede e sistemas isolados. Estes são normalmente compostos por vários elementos sendo os mais importantes apresentados de seguida:

- Módulos fotovoltaicos – onde é feita a captação da energia solar e transformada em corrente contínua (DC). Como já referido são sistemas compostos por várias células ligadas entre si;
- Inversor – que é o dispositivo que permite a transformação da corrente DC em corrente alternada (AC), podendo dividir-se em inversores independentes para sistemas autónomos e os inversores de sincronização exterior, para os sistemas que se encontrem ligados à rede;
- Estrutura – estrutura metálica que permite a fixação dos painéis solares com a orientação e inclinação definidas em projeto;
- Cabo solar - cabo que faz a ligação entre os vários módulos e até aos inversores em corrente DC;
- Quadro DC – Quadro elétrico que acomoda as ligações de várias *strings*;

- Quadro AC – Quadro elétrico que acomoda as ligações de vários inversores;
- Sistema de monitorização – sistemas de contagem de energia que permitem fazer o registo da energia produzida pelo sistema;
- Baterias – Baterias de acumulação da energia gerada, utilizado normalmente para sistemas isolados;
- Reguladores de carga – que são dispositivos que tem como função não permitir que as baterias se danifiquem por sobrecarga ou descarga total;
- Conetores, dispositivos de proteção, de corte e seccionamento – equipamento que compõem a rede elétrica do sistema e que garante a segurança e o funcionamento normalizado deste tipo de sistemas.

Estes elementos dependem naturalmente da sua especificidade. Por exemplo, um sistema ligado à rede pode fornecer toda a energia à RESP ou podem também fornecer energia a cargas. Neste caso não é necessário recorrer a sistemas de armazenamento de energia, pois a energia é toda injetada na RESP ou autoconsumida. Por um lado, quando é uma unidade de produção para venda exclusiva da energia à rede, todo o sistema é interligado em inversores que são a interface entre o módulo e a rede, adequando as grandezas da energia produzida nos módulos às da rede (Figura 17).

Por outro lado, no caso de um sistema de autoconsumo, o esquema é mais complexo e tem de cumprir as especificações definidos pela Comissão Técnica de Normalização

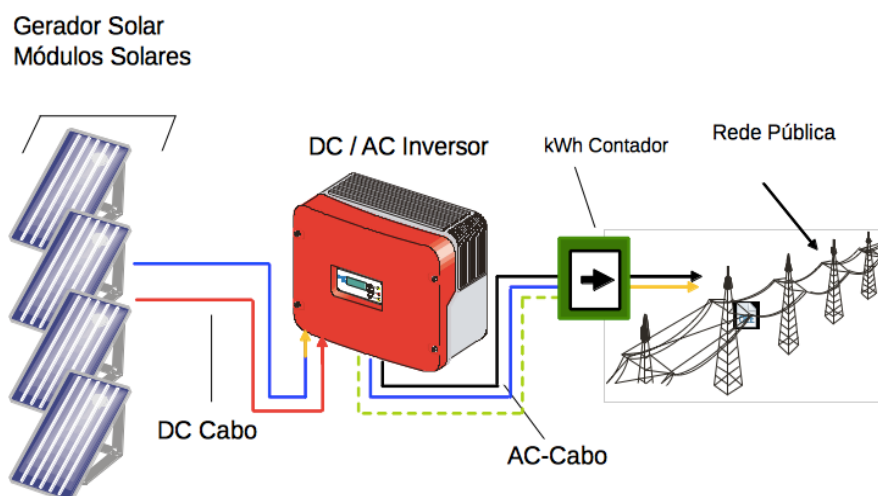


Figura 17: Exemplo simplificado de sistema ligado à RESP (Greentech, 2016)

Eletrotécnica (CTE 64, 2015), definida no seguimento do Decreto-Lei 153/2014 de 20 de Outubro (Diário da República, 2014).

Na Figura 18 pode-se observar um exemplo de uma Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC), com mais de um gerador PV, de potência superior a 1,5 kW, associada a uma instalação elétrica alimentada pela RESP em Média Tensão (MT) e com contagem em MT.

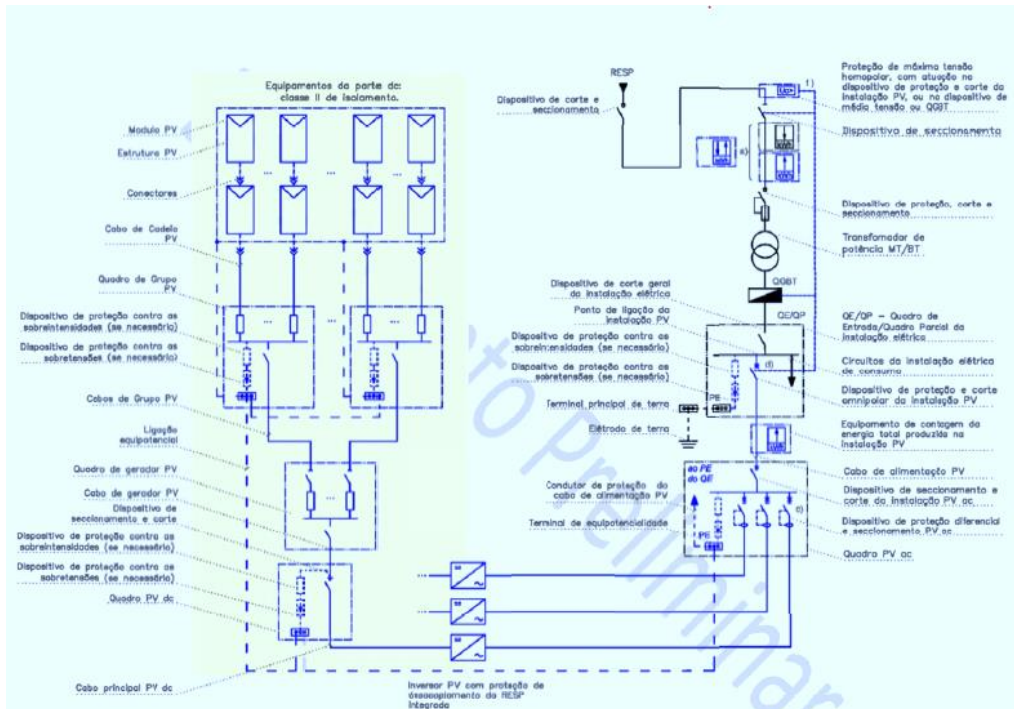


Figura 18: Esquema de uma UPAC com mais de um gerador PV de potência superior a 1,5 kW, com alimentação da RESP em MT e contagem em MT (CTE 64, 2015)

Por fim, os sistemas isolados da rede (ver Figura 19) observam-se em regiões onde não existe RESP ou em regiões que não justificam do ponto de vista económico a sua ligação

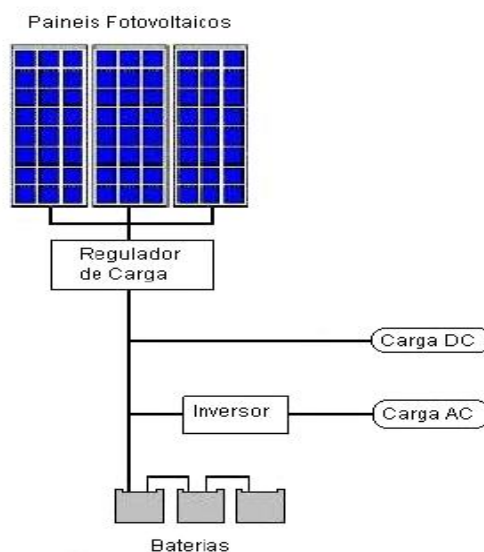


Figura 19: Esquema básico de um sistema isolado

à rede (pelas condições específicas das cargas a alimentar). Nestes casos é necessário proceder ao armazenamento de energia para satisfazer as cargas em cada momento e não depender da energia instantânea produzida. Aplicações normais deste tipo de sistemas são tipos de alimentação de iluminação, sistemas de bombagem de água, semáforos, entre outras.

Naturalmente os sistemas fotovoltaicos podem ainda ser incluídos em sistemas híbridos, integrados com outras fontes de energia, como por exemplo, energia eólica, sistemas de cogeração, motores de combustão, etc..

### 2.2.5 Posicionamento de painéis fotovoltaicos

Para melhor aproveitar a energia proveniente do Sol torna-se óbvio que a orientação e inclinação de painéis solares tem de ser determinada com exatidão para cada situação. Assim sendo, é necessário determinar a posição do Sol relativamente à superfície a receber a radiação, ou seja, conhecer o Azimute solar.

O Azimute é por definição o ângulo medido entre a linha sul da terra no local e a projeção da linha Sol-Terra. Sendo que a sul o Azimute assume o valor de  $0^\circ$  e a oeste o valor de  $90^\circ$ , variando assim entre  $0^\circ$  e  $180^\circ$  (ver Figura 20).

Já a altura do sol é determinada pelo ângulo entre o raio solar e a sua projeção sobre o

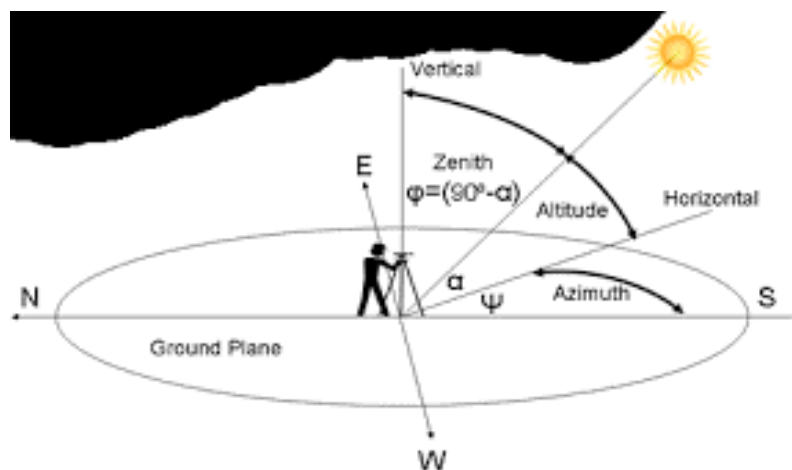


Figura 20: Localização do Sol (Solar Trader Inc., 2016)

plano horizontal, variando ao longo do dia entre  $0^\circ$  (amanhecer e pôr do Sol) e o valor máximo de  $90^\circ$  ao meio dia.

Outra necessidade é a determinação da inclinação mais favorável a instalar os painéis, uma vez que a quantidade de energia incidente numa superfície depende da inclinação a que a mesma se encontra. Por tal, parece evidente que a inclinação a dar numa

instalação de painéis fotovoltaicos deve ser feita de modo que os módulos se encontrem na perpendicular dos raios solares. A não ser que se recorra a sistemas mecânicos de dois ou três eixos, que permitam o ajuste da inclinação dos painéis solares ao longo do dia, apenas será possível determinar a melhor inclinação.

Em primeiro lugar para calcular a melhor inclinação, deve ser determinada a Declinação ( $\delta$ ), que pode ser calculada através da equação de P. Cooper (Ribeiro, 2011)

$$\delta = 23,45 \text{sen}\left(360 \frac{284+n}{365}\right) \quad (5)$$

Esta permite calcular a declinação para qualquer dia ( $n$ ) do ano, em que  $n=1$  corresponde ao dia 1 de Janeiro,  $n=2$  ao dia 2 de Janeiro e assim sucessivamente até 31 de Dezembro.

Observando o gráfico da **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** conclui-se que quando o Sol passa pelos equinócios (21 de março e 22 de Setembro) a declinação é nula. Em contrapartida, quando passa pelos solstícios assume o valor máximo e mínimo para o solstício de Verão (21 de Junho) e solstício de Inverno (21 de Dezembro),

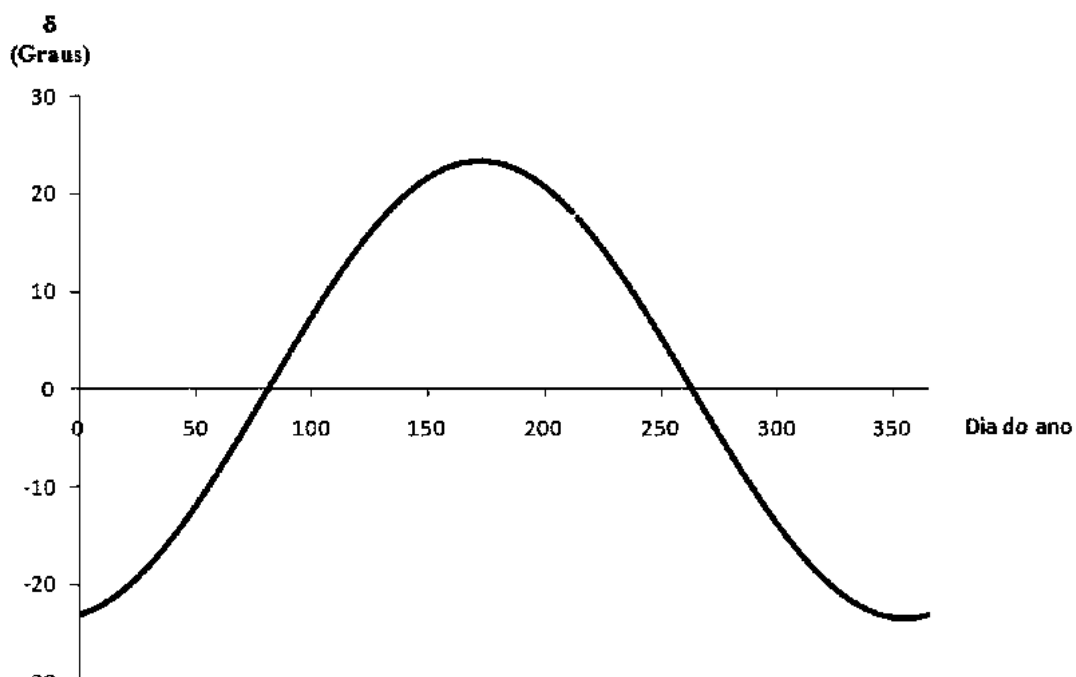


Figura 21: Declinações do Sol para todos os dias de um ano bissexto (Ribeiro, 2011)

respetivamente.

Conhecendo a latitude ( $\varphi$ ) do local a fazer a instalação é possível calcular a inclinação ( $\beta$ ) através da seguinte equação:

$$\beta = \varphi - \delta \quad (6)$$

No entanto, caso seja feito um dimensionamento para autoconsumo, a inclinação e orientação ótimas devem ser estudadas e ajustadas ao perfil de consumo da instalação em causa, bem como aos custos de estrutura associados.

### 2.3 Legislação Vigente em Portugal

A evolução dos diplomas desenvolvidos no âmbito da produção de energia descentralizada foi motivada pela alteração do panorama económico nacional, de modo a criar incentivos ao investimento em energias renováveis de menor escala, isto é, para autoconsumo da instalação a que estão associadas. Esta produção descentralizada de energia elétrica em Portugal está regulada por vários diplomas.

A microgeração começou a ser regulada pelo Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de Março, no qual a energia elétrica excedente poderia ser entregue à rede pública para potências até 150 kW, estabelecendo as bases de funcionamento do Sistema Elétrico Nacional (SEN). Cerca de cinco anos depois foi necessário criar um novo diploma que simplificasse este processo. O Decreto-Lei n.º 363/2007, de 2 de Novembro, veio introduzir o Sistema de Registo de Microprodução (SRM), uma plataforma eletrónica onde os produtores de energia elétrica poderiam interagir com a administração, com resultados positivos, alterado pela Lei n.º 67-A/2007 de 31 de Dezembro. Através do Decreto-Lei n.º 118-A/2010, de 25 de Outubro é feita uma republicação do diploma anterior.

Como aposta na produção descentralizada de energia elétrica, foi criado o conceito de miniprodução pelo Decreto-Lei n.º 34/2011, de 8 de Março, como sendo a atividade de pequena escala de produção descentralizada de eletricidade, recorrendo a recursos renováveis, podendo ser ligada à rede para potências até 250 kW.

Este decreto foi complementado pela Portaria n.º 178/2011 de 29 de Abril, que fixa o valor das taxas a cobrar nos pedidos de registo, de reinspecção da unidade de miniprodução e de averbamento de alterações ao registo; assim como pela Portaria n.º 285/2011 de 28 de Outubro que fixa a percentagem de redução anual da tarifa de eletricidade aplicável às unidades de miniprodução. Por seu lado, a Portaria n.º 430/2012 de 31 de Dezembro, estabelece a percentagem de redução anual da tarifa de referência para a produção de eletricidade a partir de fonte solar fotovoltaica.

A experiência adquirida com a aplicação dos diplomas anteriores revelou dificuldades operacionais a nível de adaptação ao mercado de ambos os regimes, geral e bonificado, iniciando-se um processo de revisão no Decreto-Lei n.º 25/2013, de 19 de Fevereiro, que

altera os regimes jurídicos da microprodução e da miniprodução, independentemente do regime remuneratório aplicável.

No entanto, a última alteração legislativa para os projetos de produção de energia solar fotovoltaica, foi elaborado em Outubro de 2014 (Decreto-Lei nº 153/2014 de 20 de Outubro), que cria os regimes jurídicos aplicáveis ao autoconsumo e de venda à RESP de energia proveniente de fontes renováveis. Concretizando dessa forma o disposto no Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis, aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros nº 20/2013 de 10 de Abril, revogando e integrando neste regime a legislação supra referida.

Este novo enquadramento vem substituir os conceitos de microprodução e miniprodução por duas vertentes: Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) e Unidades de Pequena Produção (UPP). Este regime vem incentivar o autoconsumo e penaliza a venda de energia à rede elétrica, permitindo a adequação do modelo de produção ao perfil de consumo local da instalação associada. (Diário da República, 2014).

Como consequência, o SRM e o SRMini deixaram de receber novos registos, passando estes a serem feitos no Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção (SERUP). A Portaria n.º 14/2015, de 23 de Janeiro define o procedimento de registo e a Portaria n.º 15/2015, de 23 de Janeiro atualiza o valor das taxas a aplicar às unidades de produção.

Associadas a este regime foram ainda criadas outras regulamentações:

- Portaria nº 14/2015 de 23 de Janeiro – define o procedimento para apresentação de comunicação prévia de exploração das unidades de produção para autoconsumo. Define ainda a obtenção de um título de controlo prévio (no âmbito da produção para autoconsumo ou da pequena produção para injeção total na rede elétrica de serviço público e determina o montante das taxas previstas no Decreto-Lei nº 153/2014 de 20 de Outubro;
- Portaria nº 15/2015 de 23 de Janeiro – que define a tarifa de referência prevista no número um do artigo trigésimo primeiro do Decreto-Lei nº 153/2014 de 20 de Outubro e determina as percentagens a aplicar à tarifa de referência, consoante a energia primária utilizada pelas UPP;

- Portaria nº 60-E/2015 de 2 de Março – que vem proceder à alteração da Portaria nº 14/2015 de 23 de Janeiro.
- Despacho Nº 3/SERUP/DGEG/2015 – que publica as instruções sobre a entrada em operação do Portal da DGEG relativo à produção para autoconsumo e da pequena produção distribuída e transição da Microprodução e Miniprodução;
- Esquema preliminar técnicos para UPAC's – que preliminarmente estipula os modelos dos esquemas técnicos de UPAC's definidos pela Comissão técnica de Normalização Eletrotécnica em Março de 2015 (CTE 64, 2015).

### 2.3.1 Processo de licenciamento

O processo de licenciamento para qualquer tipo de unidade é feito através da plataforma SERUP (Sistema Eletrónico de Registo das Unidade de Produção), que se pode aceder através do portal da DGEG e que também é gerido pela mesma entidade. O processo inicia-se por uma primeira inscrição da entidade produtora e só depois é possível prosseguir com o registo da instalação.

No caso de uma UPP é sempre necessário efetuar o registo e a atribuição do respetivo certificado de exploração.

Já para os casos das UPAC, estas tem obrigações próprias mediante o seu enquadramento (Diário da República, 2014):

- Potência instalada  $\leq 200\text{W}$  – isenta de controlo prévio;
- Potência instalada entre os 200 e os 1500W - mera comunicação prévia de exploração;
- Potência instalada  $\leq 1\text{ MW}$  – registo e certificado de exploração;
- Potência instalada superior a 1 MW – licença de produção e de exploração.

De referir ainda que qualquer instalação que não esteja ligada à RESP apenas precisa de efetuar uma mera comunicação prévia de exploração.

### 2.3.2 Remuneração de unidades de pequena produção (UPP)

As UPP's são pequenas unidades cuja energia produzida se destina a ser na sua totalidade enviada para a RESP, existindo três categorias:

Categoria I – na qual se insere o produtor que pretende proceder apenas à instalação de uma UPP;

Categoria II – onde se insere o produtor que, para além da instalação de uma UPP, pretende instalar no local de consumo associado àquela, tomada elétrica para o carregamento de veículos elétricos, ou seja proprietário ou locatário de um veículo elétrico;

Categoria III – na qual se insere o produtor que, para além da instalação da UPP, pretende instalar no local de consumo associado àquela, coletores solares térmicos com um mínimo de 2 m<sup>2</sup> de área útil de coletor ou de caldeira a biomassa com produção anual de energia térmica equivalente.

A remuneração desta produção de energia é baseada num modelo de licitação, no qual os proponentes oferecem descontos à tarifa de referência.

Esta tarifa de referência para 2016 foi publicada através da Portaria nº 42-A/2016 de 9 de Março e que remete para o mesmo valor do ano anterior (na Portaria nº 15/2015 de 23 de Janeiro) definida no valor de 95€ por MWh. Deve ser ainda acrescentado o valor de 10€/MWh e 5€/MWh no caso em que o produtor esteja enquadrado na categoria II ou III, respetivamente.

A tarifa final, tal como previsto no artigo trigésimo primeiro do Decreto-Lei 153/2014 de 20 de Outubro, é atribuída ao valor mais alto que resulte do maior desconto oferecido em relação à tarifa de referência. Deste modo a tarifa de remuneração vigorará por um período de 15 anos desde a data de início de fornecimento de energia à RESP.

### 2.3.3 Remuneração de unidades de produção para autoconsumo (UPAC)

Para as UPAC a determinação do preço da energia produzida divide-se em dois tipos: energia consumida pela instalação e energia injetada na RESP.

A tarifa da energia consumida pela instalação é resultado da energia não consumida da RESP, das tarifas que o comercializador pratica, das tarifas de rede e da potência tomada evitada em cada momento.

A energia que é produzida em excesso e é injetada na RESP e pode ser calculada pela seguinte expressão:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0,9 \quad (7)$$

Em que :

- R<sub>UPAC,m</sub>** – remuneração da eletricidade fornecida à RESP no mês m em euros (€);  
**OMIE<sub>m</sub>** – valor resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do Operador Ibérico (OMIE) para Portugal no mercado diário em €/kWh;  
**E<sub>fornecida,m</sub>** – energia fornecida à RESP no mês m em kWh;  
**m** – mês a que se refere a contagem da eletricidade fornecida

Como se pode extrair da equação acima referida, a injeção de energia na RESP é pouco alicianante uma vez que a tarifa do mercado liberalizado para Portugal foi de 54,74 €/MWh (MIBEL, 2015) em Junho de 2015, valor a partir do qual se deve aplicar um desconto de 10%.

As UPAC's com potência instalada superior a 1,5 kW e cuja instalação elétrica se encontre ligada à RESP, estão também sujeitas ao pagamento de uma compensação mensal fixa, nos primeiros 10 anos de exploração. Essa compensação é calculada da seguinte forma (Diário da República, 2014):

$$C_{UPAC,m} = P_{UPAC} \times V_{CIEG,t} \times k_t \quad (8)$$

Em que:

- C<sub>UPAC,m</sub>** – corresponde à compensação a pagar no mês m por cada kW de potência instalada; esta permite recuperar uma parcela dos custos decorrentes de medidas de política energética, de sustentabilidade ou de interesse económico geral (CIEG) na tarifa de uso global do sistema, relativa ao regime de produção de eletricidade em autoconsumo;  
**P<sub>UPAC</sub>** – valor da potência instalada da UPAC;  
**V<sub>CIEG,t</sub>** – valor que permite recuperar os CIEG da respetiva UPAC, medido em €/kW, apurado no ano t;  
**K<sub>t</sub>** – coeficiente de ponderação, entre 0% e 50% a aplicar ao V<sub>CIEG,t</sub> tendo em consideração a representatividade da potência total registada das UPAC no Sistema Elétrico Nacional (SEN), no ano t;  
**t** – ano de emissão do certificado de exploração da UPAC.

Este valor será nulo enquanto o valor acumulado de potência instalada de UPAC seja inferior a 1% do total da potência instalada de centro electroprodutor do SEN (Diário da República, 2014).

## 2.4 Contratos de desempenho energético

Um contrato de desempenho energético representa um acordo realizado entre pelo menos duas entidades (ver Figura 22) e caracteriza-se por propor um conjunto de medidas de racionalização de energia para uma determinada instalação, com garantias de que a poupança daí resultante será suficiente para recuperar o investimento realizado.

Na base deste tipo de contratos, como esquematizado na Figura 22, está a indústria que requiere as medidas de eficiência energética (vulgo o “cliente”), associado a uma Empresa de Serviços Energéticos (ESE). Esta é responsável por desenvolver, instalar e financiar projetos que produzem poupanças nos custos energéticos. Desta forma, a ESE assume o risco tanto económico como dos resultados de poupança de energia nas instalações alvo de contrato.

Podem ainda ser incluídos nestes contratos outras entidades financiadoras do projeto (fundos de investimento dedicados, bancos, gestoras de património, e outros investidores envolvidos pela ESE).

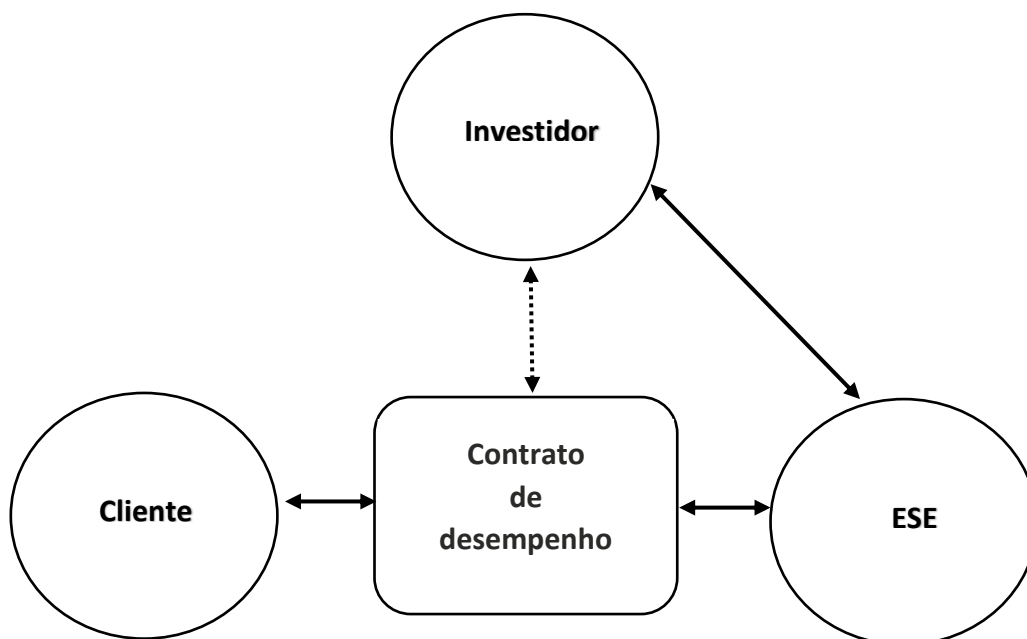


Figura 22: Relações num contrato de desempenho

Normalmente estes contratos de desempenho energético são classificados em dois tipos: Contratos de Garantia de Poupança ou Contratos de Partilha de Poupança.

Como o próprio nome indica, os contratos com Garantia de Poupança obrigam a ESE a que o projeto para o cliente tenha sempre o mesmo ganho económico, e caso as

poupanças não sejam atingidas a ESE terá de entrar com capital próprio para perfazer a diferença de poupança alcançada. No entanto, se as poupanças forem superiores aos valores acordados, a ESE fica com o remanescente. Normalmente este tipo de contratos são celebrados quando o cliente assume a responsabilidade do financiamento.

No caso dos contratos de Partilha de Poupanças, independentemente dos resultados alcançados, as poupanças são partilhadas entre as partes nas percentagens acordadas. Naturalmente, poderão existir contratos que resultam da combinação de ambas as tipologias, como por exemplo em casos em que o cliente beneficiário também é investidor (Comissão Europeia, 2016).

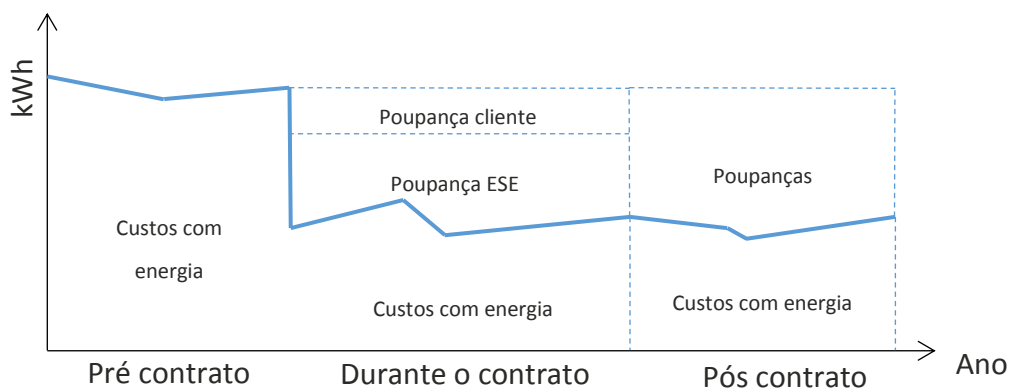


Figura 23: Exemplo funcional de um contrato de desempenho

Geralmente os contratos de desempenho energético são celebrados com base na quantidade de energia (kWh) que deixam de ser consumidos (ver Figura 23). No entanto, na sua redação são tidas em consideração várias variáveis económicas e financeiras, como por exemplo, a inflação ao longo do tempo de contrato, a variação das tarifas de energia, custos com operação e manutenção, custos de seguros, etc.

Assim sendo, um Contrato de Desempenho Energético deve contemplar as seguintes rúbricas:

- Enunciação das medidas de eficiência a implementar e descrição do seu impacto;
- Estimativa da energia evitada após a implementação das medidas;
- Condições de operação dos sistemas antes e depois das alterações;
- Definição do consumo de referência e condições normais de operação da instalação ou equipamento;
- Metodologia de Medição e Verificação e custos associados;
- Custos e responsabilidades na Operação e Manutenção dos sistemas.

### 2.4.1 Medição e verificação

Atendendo à especificidade dos Contratos de Desempenho Energéticos, a definição da metodologia de Medição e Verificação (M&V) é o ponto mais importante a ser desenvolvido.

Esta metodologia representa o procedimento de medições para aferir corretamente a poupança real alcançada após a implementação das medidas de eficiência.

Este aspeto destaca-se pelo facto de não ser possível medir diretamente as poupanças na maioria dos casos, uma vez que estas resultam da ausência de um consumo. Neste caso será necessário recorrer a um método indireto. Este é baseado na determinação da poupança comparando o consumo antes e depois das medidas implementadas, através da diferença entre o perfil de consumo antes (linha do consumo de referência) e o novo perfil de consumo (linha do consumo pós medidas), como demonstrado na equação infra citada. Esta comparação deverá ser feita introduzindo os devidos ajustes, considerando as alterações nas condições iniciais em que foram feitas as previsões (Efficiency Valuation Organization, 2012).

$$\text{Poupança} = (\text{Consumo referência})_{\text{Ajustado}} - (\text{Consumo período de análise})(9)$$

Atendendo à importância da M&V, esta deve assentar em princípios de boas práticas (Efficiency Valuation Organization, 2012):

- deve apresentar de forma completa as poupanças considerando todos os efeitos do projeto. Neste processo devem ser usadas medições para quantificar todos os efeitos significativos, diminuindo dessa forma a incerteza no cálculo;
- o cálculo deve ser conservador, visto que assenta em vários pressupostos e incertezas;
- a metodologia deve ser consistente com as *Guidelines* e os exemplos de projetos análogos;
- os dados e as variáveis a considerar na avaliação devem ser precisos e todos apresentados;
- a informação a apresentar deve ser a relevante e necessária para a compreensão do procedimento;

- a informação deve ser transparente e claramente explicada e discutida para que todas as partes se sintam confortáveis e possam aceitar o processo.

#### 2.4.2 Protocolo Internacional de Medição e Verificação

Atendendo a uma necessidade internacional de M&V, surgiu a necessidade de desenvolver um modelo que pudesse determinar de facto, quais as poupanças obtidas nos projetos e quais os reais ganhos económicos alcançados.

É neste contexto que foi criada a organização EVO (*Efficiency Valuation Organization*) e desenvolvido o IPMVP (*International Performance Measurement and Verification Protocol*). Este protocolo internacional tem vindo a ser desenvolvido por especialistas do mundo inteiro e é no momento a ferramenta mais robusta de avaliação dos resultados deste tipo de projetos e Contratos de Desempenho Energético.

Este protocolo é uma orientação técnica que define termos chave no processo de M&V e descreve problemas conhecidos que devem ser considerados no desenvolvimento de um plano de M&V.

Por esse facto, a elaboração desse plano de M&V deve ser exclusivo mediante as características do projeto em concreto. Sendo para tal necessário estabelecer opções, métodos de medição e análise, procedimentos de garantias de qualidade e definidas as responsabilidades das pessoas envolvidas (Efficiency Valuation Organization, 2012).

O IPMVP procura garantir o sucesso dos projetos através das seguintes atividades:

- documentando os termos comuns e métodos para avaliar o desempenho energético de projetos de eficiência para clientes, fornecedores e investidores;
- disponibilizando métodos com diferentes níveis de custos e exatidão, para determinação das poupanças;
- especificando os conteúdos de um plano de M&V;
- fornecendo exemplos de adequação a diferentes tipos de projetos.

Como anteriormente referido, o IPMVP sugere várias abordagens para determinar as poupanças nos projetos de eficiência. Ou seja, o método deve ser escolhido e ajustado ao projeto em concreto e deverá agregar as variáveis que influenciam os consumos, estabelecendo e definindo a fórmula matemática que represente com rigor o consumo de referência, os resultados alcançados com o projeto e os ajustes necessários. Essa

formulação deve ser capaz de sobrepor num mesmo referencial o consumo antes e depois da implementação das medidas de eficiência.

Este protocolo internacional identifica quatro opções de M&V (Efficiency Valuation Organization, 2012), como se pode observar na Figura 24, que correspondem a abordagens diferentes para os projectos de eficiência energética. Significa por isso que seguem orientações para determinar a poupança de energia com diferentes níveis de incerteza, de custo e metodologia.

As opções A e B são indicadas para determinar os resultados em projetos de sistemas isolados. A opção A estima a poupança com base na medida simples de alguns parâmetros e características do sistema. Uma boa aplicação para a opção A é a alteração de iluminação num determinado espaço. A opção B mede efetivamente o consumo (antes e após) e as variáveis que o afetam. Um bom exemplo para a opção B são os projetos de instalação de Variadores Eletrónicos de Velocidade em motores indutivos.

Já as opções C e D são indicadas para projetos mais abrangentes para a avaliação em instalações no seu todo e onde não é possível isolar as diversas intervenções. A opção C é a mais utilizada internacionalmente pelas empresas de Serviços Energéticos e contempla várias fases de intervenção planeada, efetuando-se uma auditoria e medição inicial das instalações e posteriormente a sua nova medição com a implementação das medidas de otimização preconizadas. Por seu lado, a opção D é a menos usada pois é baseada nos mesmos princípios da opção anterior, no entanto, recorrendo a programas informáticos de simulação.

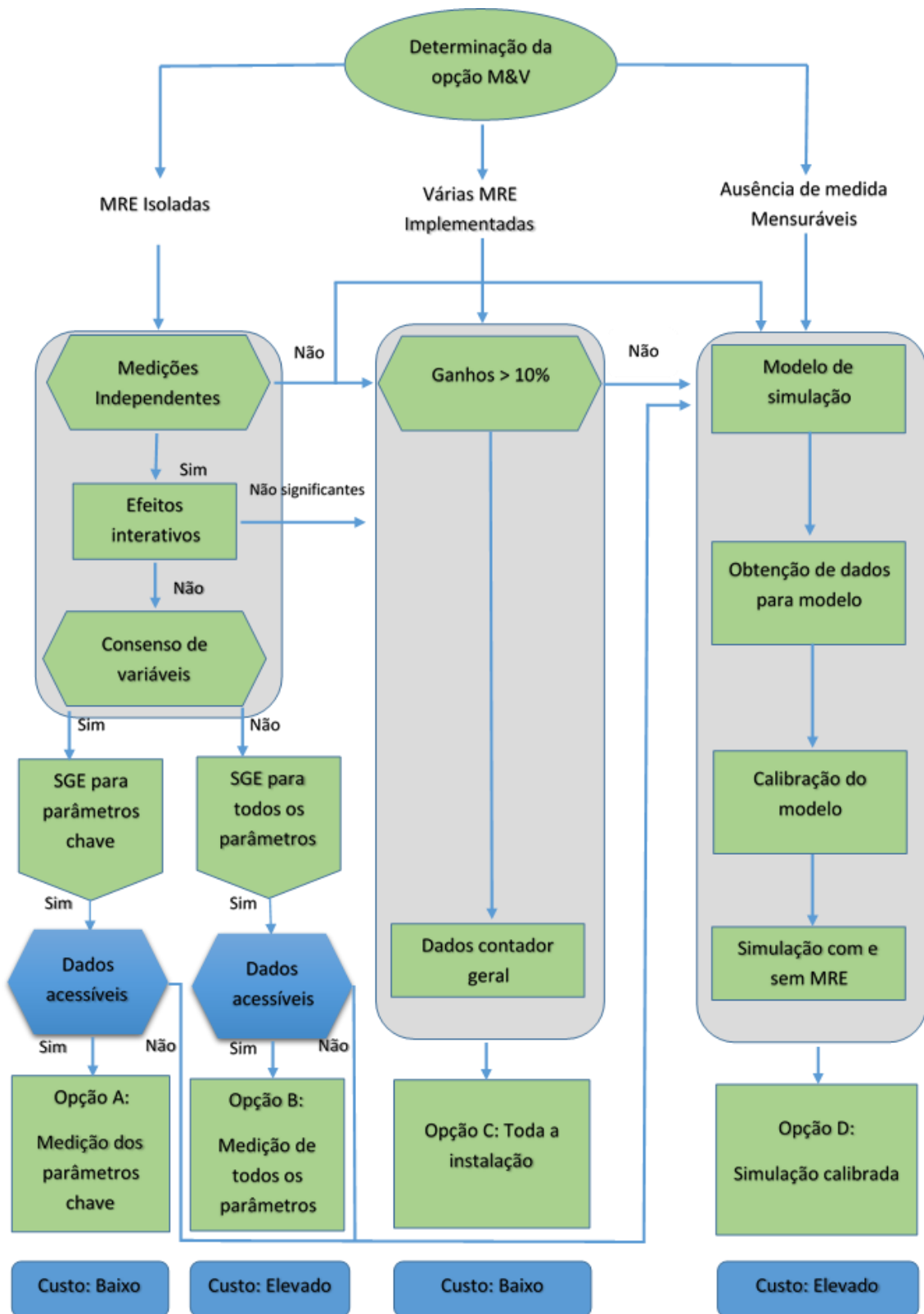


Figura 24: Diagrama de escolha da opção IPMVP (FEDENE - Fédérations des Services Énergie Environnement, 2011)

# DESENVOLVIMENTO

3.1 METODOLOGIA DE DIMENSIONAMENTO

3.2 CASO DE ESTUDO – INDÚSTRIA AGROALIMENTAR

## 3 DESENVOLVIMENTO

### 3.1 Metodologia de dimensionamento

O projeto de um sistema fotovoltaico envolve vários aspetos e tomadas de decisão técnicas e económicas.

A metodologia aqui descrita traduz a forma como foi dimensionado o sistema fotovoltaico que se apresenta no caso de estudo, tendo em consideração que se trata de uma instalação de uma UPAC com ligação à RESP e venda do excesso de energia produzida e não consumida.

#### 3.1.1 Caracterização do local e possíveis locais de instalação

A escolha do local onde os painéis fotovoltaicos vão ser efetivamente instalados, pode determinar o desempenho do sistema, mesmo que não exista sombreamento e que a radiância seja uniforme. Ou seja, é de todo importante que antes de se iniciar um qualquer dimensionamento de um sistema fotovoltaico seja feita uma visita ao local.

Na visita ao local devem ser avaliados os seguintes aspetos:

- locais onde poderá ser instalado o campo de painéis solares e respetivas áreas disponíveis;
- a possível inclinação e orientação a dar aos painéis para cada local;
- tipo de estrutura a utilizar para cada local;
- existência ou não de sombreamentos;
- local onde poderão ser instalados os inversores;
- localização do posto de transformação e espaço existente;
- tipo de contagem de energia fornecida pela RESP;
- localização do QGBT e espaço existente.

É importante que durante a visita técnica ao local sejam avaliados todos estes aspetos, mesmo para localizações que possam parecer à partida menos favoráveis, pois por vezes, o melhor projeto de investimento resulta da combinação de várias localizações.

### 3.1.2 Caracterização da radiação local

Para proceder à avaliação da radiação incidente em cada local que foi analisado na visita técnica, recorre-se normalmente a sistemas com bases de dados de registos locais. No caso do estudo aqui abordado, recorreu-se ao PVgis (Thomas Huld, 2016), de onde foram retiradas as radiâncias para cada local passível de instalação e de acordo com a inclinação considerada adequada.

De referir que, relativamente à inclinação mais adequada a aplicar na instalação, a literatura da especialidade reporta que o plano inclinado fixo que globalmente maximiza a radiação solar absorvida tem uma inclinação aproximadamente igual à latitude do local (Castro, 2002). No entanto, caso esteja a ser avaliada a instalação de módulos em coberturas inclinadas e para as quais não existe informação sobre as sobrecargas suportáveis, deve consultar-se o ano de construção da estrutura e a norma respetiva de sobrecargas máximas não esperadas a considerar em projeto. Nestes casos é comum ainda optar-se por uma instalação complanar à cobertura, de modo a não correr riscos em caso de dias de intempéries.

### 3.1.3 Caracterização do consumo de energia da instalação

No caso da instalação de uma UPAC, como é o caso do projeto em estudo, torna-se fundamental estudar e caracterizar de forma muito precisa o perfil de consumo de energia elétrica da instalação, bem como as tarifas associadas a cada período horário. Como anteriormente referido, o incentivo da nova legislação de autoconsumo (Diário da República, 2014) é no sentido de maximizar a produção da central fotovoltaica para os valores do perfil de consumo da instalação, uma vez que a energia paga pelo produtor ao comercializador de energia é sempre muito superior ao valor pago pela energia excedente injetada na RESP proveniente da UPAC (que acarreta um desconto de 10% sobre o valor do MIBEL).

Assim sendo, é fundamental o acesso ao perfil de consumo de pelo menos 12 meses da instalação em estudo, acedendo aos diagramas de cargas com medições de 15 em 15 minutos do último ano e que podem ser obtidos através do portal da EDP Distribuição para instalações que já possuem telecontagem (instalações MT e algumas de BTE).

Torna-se igualmente importante aceder a pelo menos uma fatura de energia elétrica da instalação, o mais recente possível, para que seja possível caracterizar o perfil de consumo de acordo com o tipo de contrato de energia (tipo de tensão de entrega, potência contratada, tarifas de energia ativa, tarifas de redes, ciclo horário do tarifário, etc.).

### 3.1.4 Dimensionamento da potência do sistema

Para efetuar o dimensionamento do número de módulos mais adequado foi usado um método bastante utilizado em problemas deste género, um método iterativo. Este método compara o diagrama de cargas com a produção de energia de acordo com as radiâncias para cada situação considerada e o número de painéis a instalar. Deste modo, é feito de forma sucessiva o acrescento de um módulo e comparada a produção com o diagrama de cargas, até ser atingido o valor ótimo. Este critério leva a que a solução apresentada seja aquela que melhor relaciona a produção fotovoltaica com o consumo da instalação.

Cada iteração é comparada com a produção fotovoltaica conseguida por aquele número de painéis e o consumo energético da instalação, ambos os valores previamente convertidos para kWh. Sendo a produção de energia pelo número de módulos obtida a partir da equação em baixo:

$$Energia = \left(\frac{rad}{1000}\right) \times efic \times \acute{a}rea \times n \times (1 - perdas) \times \left(\frac{1}{4}\right) \quad (10)$$

Onde rad é a radiância incidente ( $w/m^2$ ), efic é a eficiência dos painéis, área é a área do painel ( $m^2$ ), n é o número de painéis e perdas são as perdas que se considera que ocorrem no sistema.

No final desta comparação é realizada uma média da diferença que existe entre a produção fotovoltaica e o consumo em cada instante. A melhor solução será aquela que apresentar uma média das diferenças mais próxima de zero.

Após a determinação da potência de pico do sistema, dada pelo número de módulos multiplicados pela potência nominal de cada módulo, é importante definir a potência nominal do sistema, dada pela soma da potência nominal dos inversores considerados.

Uma vez que a potência pico de uma central fotovoltaica raramente está disponível, pois essa corresponde ao valor máximo que a central consegue produzir em condições ótimas (radiação direta solar na perpendicular da superfície do painel e temperatura de 25 °C) é desnecessário dimensionar os inversores para essa mesma potência, uma vez que os inversores comercializados atualmente têm uma margem de operação que lhes permitem suportar uma potência superior à nominal. Por tal, é típico dimensionar a potência nominal para valor entre 10 e 15% abaixo do valor da potência de pico, reduzindo os custos com este tipo de equipamentos.

### 3.1.5 Análise de viabilidade económica

É recomendável que, antes de qualquer instalação de uma central, independentemente da dimensão, se realize um estudo de viabilidade económica, a fim de se aferir a rentabilidade da instalação.

Uma análise de viabilidade (ou estudo de viabilidade) consiste num estudo técnico de cariz financeiro que procura determinar as possibilidades de sucesso económico e financeiro de um determinado projeto. Através deste estudo são efetuadas previsões dos proveitos e dos custos gerados pelo projeto e calculados diversos indicadores de viabilidade, baseados na avaliação dos fluxos de tesouraria gerados, entre os quais, a Taxa Interna de Rendibilidade (TIR), o Valor Atual Líquido (VAL) e o Prazo de Retorno ao Investimentos ou *Payback*.

Naturalmente que, ao basear-se em dados provisionais, qualquer estudo de viabilidade envolve um grau de incerteza.

Para se proceder a uma análise do estudo são calculados três indicadores de avaliação do investimento. Estes indicadores, VAL, TIR e *payback* refletem a rentabilidade do projeto.

O Valor atual Líquido (VAL) é a diferença entre as entradas e as saídas de dinheiro, designados cash flow ou fluxos monetários, devidamente atualizados durante a vida útil do equipamento. A expressão que podemos utilizar para calcular o referido indicador é:

$$VAL = -I + (R - C) \left( \frac{(1+a)^n - 1}{a(1+a)^n} \right) \quad (11)$$

Sendo:

I, o valor do investimento a realizar;

R, o valor das receitas anuais do projeto ao longo do período de duração do mesmo;

C, o valor dos custos anuais do projeto ao longo do período de duração do mesmo;

a, taxa de actualização do investimento, ou seja uma taxa de juro que considere as questões de inflação e custo de capital para o investimento. De uma outra forma, representa a remuneração mínima exigida pelo investidor.

Do cálculo do valor atual líquido podemos obter três resultados: o VAL ser maior que zero, isto significa que existe uma recuperação do investimento efetuado, assim como a solução é capaz de gerar a remuneração esperada pelo investidor e ainda gerar um excedente financeiro. Se VAL for igual a zero o projeto é economicamente viável, e representa a fronteira da viabilidade de um projeto, ou seja, o investidor ainda recebe a remuneração mínima exigida. Caso o VAL for inferior a zero, significa que o projeto é economicamente inviável.

Apesar do VAL ser um bom indicador, não deve ser usado isoladamente uma vez que não consegue escolher entre dois projetos com o mesmo VAL mas com diferentes custos de investimento e duração.

A Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) representa a rendibilidade gerada por determinado investimento, ou seja, corresponde ao valor da taxa de atualização do investimento, que torna o valor actual líquido de um investimento igual a zero. Neste caso, o critério de decisão de investimento consiste na implementação de um projeto, sempre que a sua TIR seja superior à taxa de juro de referência, que é normalmente o custo de oportunidade do capital.

O retorno ao investimento ou *payback*, é o quociente entre o investimento que o projecto representa (incluindo custos de investimento, exploração e manutenção) ao longo do tempo de duração do mesmo, e o rendimento anual do projeto. O resultado deste quociente representa o número de anos que o investidor terá de esperar até se ressarcir de todos os seus investimentos. As limitações da análise a partir deste indicador são várias, sendo que as principais são a não consideração de factores fundamentais como a inflação ou os custos de capital (WACC). Não deixa no entanto de ser um

indicador de cálculo expedito e que permite uma primeira aproximação interessante à questão da avaliação de projectos.

Um outro aspeto a ter em consideração e que condiciona os resultados de uma avaliação económica é o tipo de estrutura a utilizar (estrutura complanar, estrutura em cobertura com inclinação, estrutura inclinada para solo, etc.), pois esta pode variar o preço da instalação até cerca de 0,06 € por Wp.

Como se trata de uma UPAC é também necessário considerar o valor a que a energia em excesso produzida pela central irá ser vendido à rede. Para tal deverá ser considerado o último relatório do mercado ibérico de energia publicado e disponibilizado.

Existem outros fatores que influenciam a avaliação de viabilidade económica e que devem ser considerados numa avaliação do projeto: custos de cabos, tipo de ligação, sistema de monitorização e contagem, inflação, aumento expetável da tarifa de energia, custos de seguros, custos de operação e manutenção futuros da central, etc.

### 3.1.6 Definição do sistema

Para definir as características do sistema fotovoltaico a instalar, é necessário proceder a uma avaliação económica preliminar para as várias localizações, de acordo com as respetivas especificidade. Este deve ser baseado nos estudos prévios de dimensionamento das potências (pico e nominal) do sistema através da melhor adequação ao perfil de consumo da instalação.

De referir que o estudo em causa teve por objetivo a proposta comercial a apresentar ao cliente, não pertencendo por tal ao âmbito deste a definição do projeto elétrico que deverá ser desenvolvido após decisão do cliente sobre qual o tipo de negócio a realizar (venda direta ou contrato de desempenho energético).

## 3.2 Caso de estudo – Indústria Agroalimentar

O setor agroalimentar em Portugal é constituído por 10807 empresas, emprega 104315 trabalhadores e ascendeu aos 14868 milhões de euros de volume de negócios em 2014. Destes, cerca de 4441 milhões foram exportações, representando 20% da indústria transformadora (FIPA -Federação das Indústrias Portuguesas Agroalimentares, 2016). Uma vez que este setor exporta cerca de 30% do seu volume de negócios, tem vindo a

desenvolver estratégias para aumentar a inovação e a competitividade num mercado cada vez mais global.

É neste enquadramento que um grande grupo do setor manifestou interesse em estudar a instalação de uma central fotovoltaica para autoconsumo numa das suas unidades de transformação no distrito de Viseu.

Este estudo foi solicitado à empresa Ecoinside – Soluções em Ecoeficiência e Sustentabilidade Lda, tendo sido estudados dois modelos de negócio: compra direta e contrato de desempenho energético.

### 3.2.1 Caracterização do local e possíveis locais de instalação

Como referido previamente, a instalação industrial situa-se no distrito de Viseu e trata-se de uma unidade fabril de abate e processamento de aves.

Num estudo prévio à visita técnica ao local (Figura 25), foi analisada a imagem aérea da unidade industrial e determinados os potenciais locais onde a central pudesse ser instalada (Figura 26).



Figura 25: Vista aérea da Unidade Industrial



Figura 26: Imagem aérea identificação de locais potenciais a instalar a central fotovoltaica

Esta pré avaliação dos locais de possível instalação da central é de extrema importância para o trabalho a realizar durante a visita técnica, pois permite que a visita seja mais objetiva. No entanto, a visita ao local é que permite a caracterização dos locais e determinar quais possuem as condições necessárias a uma boa instalação, nomeadamente se existem constrangimentos, como por exemplo, estruturas de suporte frágeis e sem condições de receberem sobrecargas, a existência de sombreamentos, espaços ocupados ou que são usados para outros fins, etc.

A tabela seguinte apresenta os dados principais recolhidos durante a visita técnica e algumas das observações que foram obtidas por depoimento dos responsáveis técnicos da unidade fabril (Director industrial e Director de Manutenção).

Tabela 1: Caracterização dos locais

Local	Distância PT	Área m <sup>2</sup>	Sombreamento	Orientação	Inclinação	Tipo de estrutura	Observações
Local 1	99 m	5500	Não	0°	0°	Chão	Apenas disponível 3110 m <sup>2</sup>
Local 2	202 m	4350	Sim	0°	0°	Chão	Cota Baixa
Local 3	105 m	808	Não	90°/-90°	15°	Cobertura em chapa	Frágil
Local 4	42 m	900	Não	0°/180°	15°	Cobertura sandwich	Utilizável na totalidade
Local 5	42 m	800	Não	0°/180°	15°	Cobertura sandwich	Aerocondensadores
Local 6	109 m	685	Não	0°/180°	15°	Cobertura em chapa e sandwich	½ Frágil
Local 7	106 m	1060	Não	0°/180°	15°	Cobertura em chapa e sandwich	½ Frágil
Local 8	44 m	996	Não	0°/180°	15°	Fibrocimento	Frágil
Local 9	23 m	496	Não	0°/180°	15°	Fibrocimento	Frágil
Local 10	29 m	350	Não	0°/180°	15°	Fibrocimento	Frágil
Local 11	109 m	1250	Não	0°/180°	15°	Cobertura sandwich	Cobertura Nova
Local 12	129 m	567	Não	90°/-90°	15°	Cobertura em chapa	Frágil

Da análise da Tabela 1 e da observação *in loco* foi possível excluir os seguintes locais:

- Local 2 – Apresenta uma cota abaixo do terreno circundante o que faz com que tenha elevados índices de sombreamento;
- Local 3, Local 8, Local 9, Local 10, Local 12 – Apresentam coberturas frágeis sem capacidade para receberem sobrecargas extras;
- Local 5 - O espaço já se encontra ocupado por aerocondensadores e a estrutura da cobertura não aguenta mais sobrecarga extra;
- Local 6, Local 7 – Apenas metade do espaço poderá ser utilizado, pois só metade da cobertura possui estrutura preparada para receber sobrecarga extra.

De notar que o local 11 foi sujeito a obras de ampliação, com aumento de área para cerca de 1250 m<sup>2</sup>, embora a fotografia aérea não o demonstre por ser de data anterior.

### 3.2.2 Caracterização da radiação local

Da análise da Tabela 1 e das informações recolhidas na visita técnica ao local constatou-se que dos locais previamente identificados, apenas nos locais 1, 4, 6, 7 e 11 existe possibilidade de instalação da central fotovoltaica. Nos locais 6 e 7, apenas é possível instalar em 50% da área disponível.

Atendendo à especificação dos locais, as orientações possíveis nas coberturas são Norte e Sul. Quanto ao único local no solo apto para instalação da central, o Local 1, a orientação a atribuir será a mais favorável.

Uma vez que o perfil de consumo pode influenciar a decisão da orientação, pois uma unidade industrial de abate de aves tem o seu ciclo produtivo mais intenso entre as 5 e as 12 horas, fez-se uma simulação para o projeto para uma instalação com orientação a norte, que será apresentada mais adiante em 3.2.4.

Relativamente às coberturas foi estudado, por um lado, o ganho em dar uma inclinação mais adequada aos módulos ou mantê-los complanares com a cobertura existente.

Por outro lado, foi avaliado se o aumento da produção provocada pela maior inclinação dos módulos é suficientemente elevado para absorver o custo inerente a uma estrutura mais complexa.

Como se pode ver pela Figura 27 (Thomas Huld, 2016), para o local do caso de estudo presente, para uma mesma potência de módulos e apenas variando a inclinação (15° e 30° graus) dos módulos, a diferença de produção anual é de cerca 50 kWh (3,6%).

Atendendo a esta diferença de produção, foi consultado o mercado das estruturas para se perceber se o aumento de custo com a estrutura se traduziria num ganho para o projeto. Comparando os preços de três fornecedores, percebeu-se que o aumento de custo de uma estrutura complanar (15°) para uma estrutura com 30° de inclinação, traduz-se num aumento entre os 5 e os 6% de custo na instalação. Ou seja, o aumento de produção é inferior ao aumento do custo, o que penalizará o desempenho económico do projeto. Por tal, e para os casos das coberturas, apenas serão analisadas soluções complanares.

	Fixed system: inclination=15 deg., orientation=0 deg.				Fixed system: inclination=30 deg., orientation=0 deg.			
Month	Ed	Em	Hd	Hm	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	2.04	63.1	2.56	79.5	2.45	75.8	3.08	95.5
Feb	2.95	82.6	3.76	105	3.38	94.8	4.33	121
Mar	3.78	117	4.94	153	4.04	125	5.32	165
Apr	4.09	123	5.44	163	4.12	124	5.52	165
May	4.70	146	6.35	197	4.54	141	6.17	191
Jun	5.16	155	7.13	214	4.88	146	6.75	203
Jul	5.45	169	7.57	235	5.19	161	7.25	225
Aug	5.07	157	7.08	219	5.04	156	7.07	219
Sep	4.27	128	5.83	175	4.52	136	6.21	186
Oct	3.18	98.4	4.19	130	3.56	110	4.72	146
Nov	2.25	67.6	2.88	86.5	2.66	79.7	3.41	102
Dec	1.91	59.2	2.41	74.6	2.35	72.9	2.96	91.7
Year	3.74	114	5.02	153	3.90	119	5.24	159
Total for year		1370		1830		1420		1910

Figura 27: Produção de sistema com 1 kWp inclinação de 15° e 30° (Thomas Huld, 2016)

No entanto, e para o caso de instalações no solo com 0° de inclinação e 30° (caso do Local 1), a solução mais adequada é claramente a de 30°, pois existe um ganho de 180 kWh por ano (14,5%), como se pode verificar na Figura 28. Deste modo o ganho de produção suplanta o aumento do custo com a instalação, o que irá melhorar o resultado económico do projeto.

	Fixed system: inclination=0 deg., orientation=0 deg.				Fixed system: inclination=30 deg., orientation=0 deg.			
Month	Ed	Em	Hd	Hm	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	1.47	45.5	1.92	59.4	2.45	75.8	3.08	95.5
Feb	2.31	64.7	2.97	83.3	3.38	94.8	4.33	121
Mar	3.32	103	4.32	134	4.04	125	5.32	165
Apr	3.87	116	5.09	153	4.12	124	5.52	165
May	4.66	144	6.24	193	4.54	141	6.17	191
Jun	5.23	157	7.15	215	4.88	146	6.75	203
Jul	5.45	169	7.51	233	5.19	161	7.25	225
Aug	4.85	150	6.70	208	5.04	156	7.07	219
Sep	3.79	114	5.13	154	4.52	136	6.21	186
Oct	2.60	80.6	3.44	107	3.56	110	4.72	146
Nov	1.67	50.2	2.20	65.9	2.66	79.7	3.41	102
Dec	1.31	40.7	1.74	53.8	2.35	72.9	2.96	91.7
Year	3.38	103	4.54	138	3.90	119	5.24	159
Total for year		1240		1660		1420		1910

Figura 28: Produção de sistema com 1 kWp inclinação de 0° e 30° (Thomas Huld, 2016)

### 3.2.3 Caracterização do consumo de energia da instalação

A instalação alvo do presente estudo, como referido anteriormente, trata-se de uma unidade de abate e transformação de aves. Estas unidades tem um capital de trabalho intensivo e muito constante ao longo do ano, como se pode observar pelo gráfico da Figura 30.

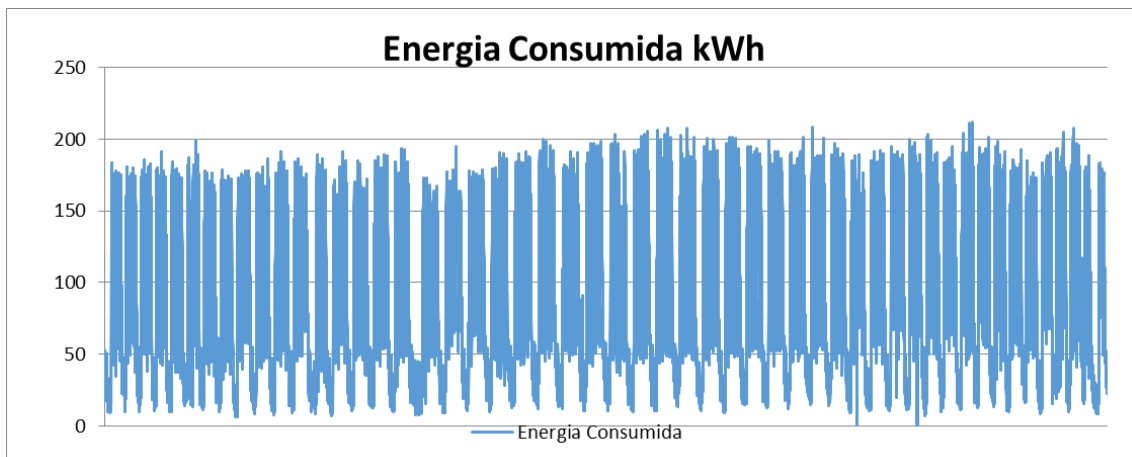


Figura 30: Gráfico dos consumos de energia ao longo de 2015

A jornada de trabalho é iniciada pelas 5 horas da manhã e normalmente o processo termina pelas 12 horas. A semana de trabalho é de 5 dias. No entanto, a fábrica não deixa de consumir energia após o término do processo, pois existe todo um trabalho de limpeza e preparação que continua até cerca das 17 horas e um consumo constante provocado pelos sistemas de frio. Por este motivo, persiste sempre uma tomada de potência base de cerca de 150 kW, embora durante o pico da produção possam existir tomadas de potência superiores a 700 kW, como se pode verificar pelo exemplo do diagrama de cargas apresentado na Figura 29.

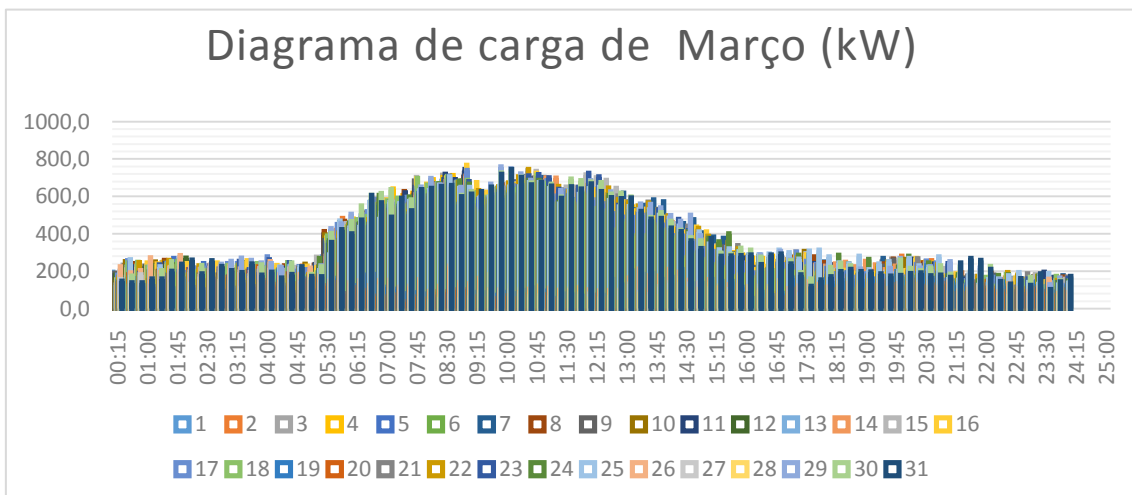


Figura 29: Diagrama de cargas de Março

A instalação recebe energia da rede em média tensão e possui um Posto de Transformação de 1200 kVA, sendo que a contagem da energia é feita ainda na zona da Média Tensão, ou seja os TI's de contagem estão antes do transformador.

O contrato de energia é então de nível de Média Tensão, com uma potência contratada média de 784 kW e no nível de Ciclo horário Semanal, respeitando os períodos tarifários apresentados na Figura 31.

Ciclo semanal para todos os fornecimentos em Portugal Continental			
Período de hora legal de Inverno		Período de hora legal de Verão	
De segunda-feira a sexta-feira		De segunda-feira a sexta-feira	
Ponta:	09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta:	09.15/12.15 h
Cheias:	07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias:	07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
<b>Sábado</b>		<b>Sábado</b>	
Cheias:	09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias:	09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
<b>Domingo</b>		<b>Domingo</b>	
Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Vazio normal:	00.00/02.00 h 06.00/24.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h

Figura 31: Período tarifário MT (ERSE, 2016)

De acordo com a análise aos diagramas de carga de 12 meses, conclui-se um consumo anual da instalação de eletricidade de 2,5 GWh, sendo o maior consumo naturalmente concentrado no período de cheia (ver Tabela 2).

Tabela 2: Consumos anuais

Mês	Total kWh	Ponta kWh	PHP kW	Cheia kWh	Vazio kWh	Svazio kWh
Janeiro	192520	42453	202	81914	26436	41718
Fevereiro	183973	42651	203	80522	21714	39087
Março	204064	46947	204	91060	23269	42788
Abril	196182	39677	189	96996	33944	25565
Mai	206545	36970	176	98733	39319	31524
Junho	229428	43280	188	113093	40020	33035
Julho	237745	46557	202	118527	40353	32308
Agosto	224475	42199	201	109832	41518	30927
Setembro	228309	37147	169	99521	60543	31099
Outubro	225211	43767	199	114623	37563	29258
Novembro	216960	47502	226	96293	27803	45363
Dezembro	209040	44451	193	92004	26555	46031
<b>Total</b>	<b>2554450</b>	<b>513599</b>	<b>2353</b>	<b>1193116</b>	<b>419034</b>	<b>428701</b>

Como se pode verificar pelo gráfico da Figura 32 é no período de cheia que se concentra o maior consumo, dada a grande atividade produtiva que caracteriza esse período, assim como pelo facto de esse ser o período mais longo durante a semana de trabalho.

Fazendo uma avaliação numa base anual aos consumos por período tarifário (ver Figura 33) corrobora-se a ideia em relação à elevada estabilidade dos consumos, existindo um aumento no período de verão e que posteriormente decresce ligeiramente em Novembro e Dezembro.

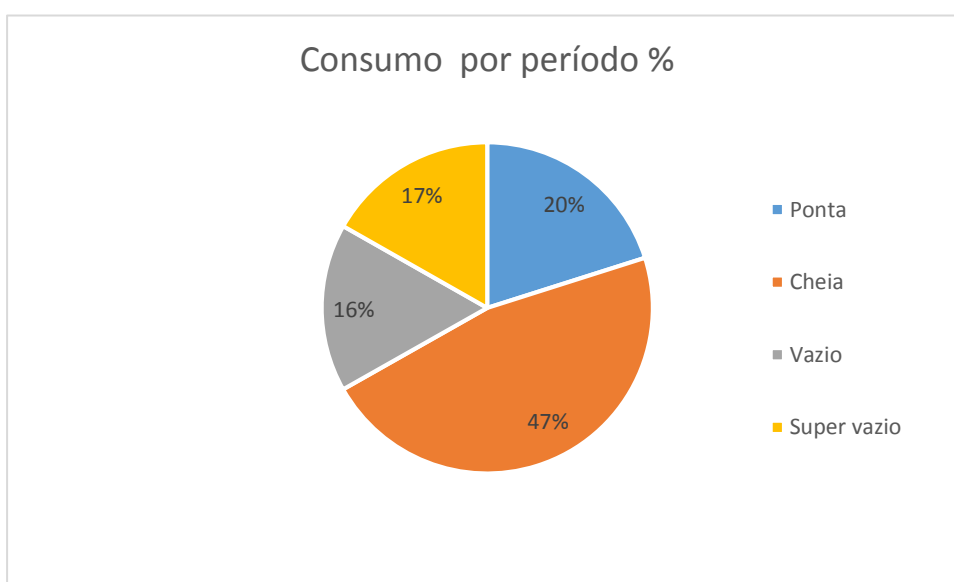


Figura 32: % de consumo por período tarifário

Por outro lado, torna-se fundamental para o estudo em causa fazer uma avaliação de custos com eletricidade, pois o projeto tem por base a diminuição racional, sobre a forma de investimento, dos custos operacionais com energia pela unidade transformadora.

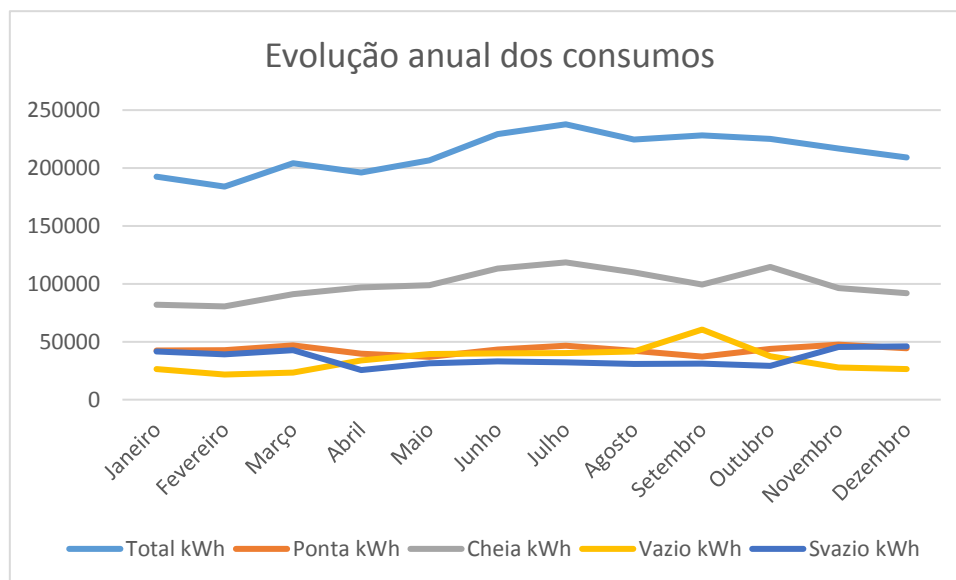


Figura 33: Evolução dos consumos ao longo do ano por período tarifário

Através de uma fatura de energia elétrica fornecida pela empresa percebe-se os custos associados ao consumo (energia ativa e redes) tal como se mostra na Tabela 3.

Tabela 3: Tarifa de eletricidade

Componente	Preço de energia €/kWh			
	Ponta	Cheia	Vazio	Svazio
<b>Energia ativa</b>	0,0627 €	0,0587 €	0,0491 €	0,0397 €
<b>Energia redes</b>	0,0470 €	0,0406 €	0,0224 €	0,0219 €

Considerando então os valores das tarifas e os consumos obtidos através da análise dos diagramas de cargas de 12 meses, pode-se verificar que a instalação alvo de estudo gastou 247.959€ ao longo de um ano (ver Tabela 4).

Tabela 4: Custos anuais

Mês	Total €	Ponta €	PHP €	Cheia €	Vazio €	Svazio €
Janeiro	18 821 €	4 655 €	1 418 €	8 137 €	2 981 €	1 629 €
Fevereiro	18 140 €	4 677 €	1 333 €	7 998 €	2 793 €	1 338 €
Março	20 117 €	5 148 €	1 432 €	9 045 €	3 058 €	1 434 €
Abril	19 270 €	4 351 €	1 283 €	9 635 €	2 426 €	1 576 €
Mai	19 849 €	4 054 €	1 235 €	9 807 €	2 810 €	1 943 €
Junho	22 153 €	4 746 €	1 278 €	11 234 €	2 860 €	2 036 €
Julho	23 174 €	5 106 €	1 420 €	11 774 €	2 884 €	1 991 €
Agosto	21 820 €	4 628 €	1 410 €	10 910 €	2 967 €	1 906 €
Setembro	21 349 €	4 074 €	1 146 €	9 886 €	4 327 €	1 917 €
Outubro	22 069 €	4 799 €	1 396 €	11 386 €	2 685 €	1 803 €
Novembro	21 092 €	5 209 €	1 536 €	9 565 €	1 987 €	2 796 €
Dezembro	20 104 €	4 874 €	1 356 €	9 139 €	1 898 €	2 837 €
<b>Total</b>	<b>247 959 €</b>	<b>56 322 €</b>	<b>16 241 €</b>	<b>118 515 €</b>	<b>33 676 €</b>	<b>23 206 €</b>

Tal como seria de esperar, também foi o período de cheias o responsável pelo maior custo relativo (Figura 34).

Do mesmo modo verifica-se que a maior alteração relativa, comparativamente com a análise de consumos, está no período de Ponta. Somando os custos de energia ativa, redes e a Potência (PHP) em ponta, o custo relativo passa a representar 30%. Ou seja, tem um peso muito superior ao do seu consumo, o que se torna muito importante numa análise de projetos de investimento.

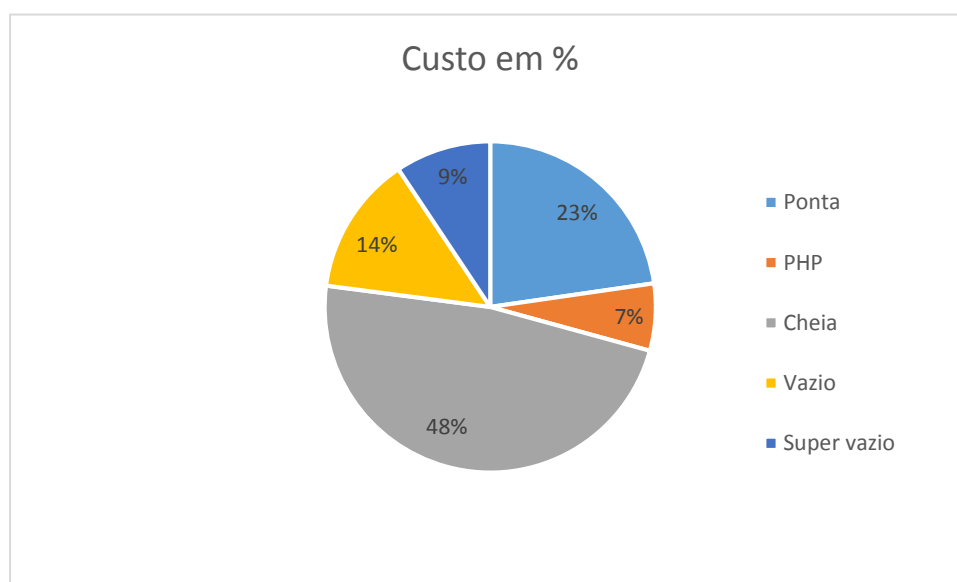


Figura 34: % de custos por período tarifário

Fazendo uma análise por rubrica ao longo do ano (ver Figura 35), verifica-se um comportamento consentâneo com as avaliações prévias: a instalação aparenta ter um

custo superior em Agosto e o menor custo em Fevereiro; o maior custo é associado ao período de cheia, o período de ponta é o responsável pelo segundo maior custo.

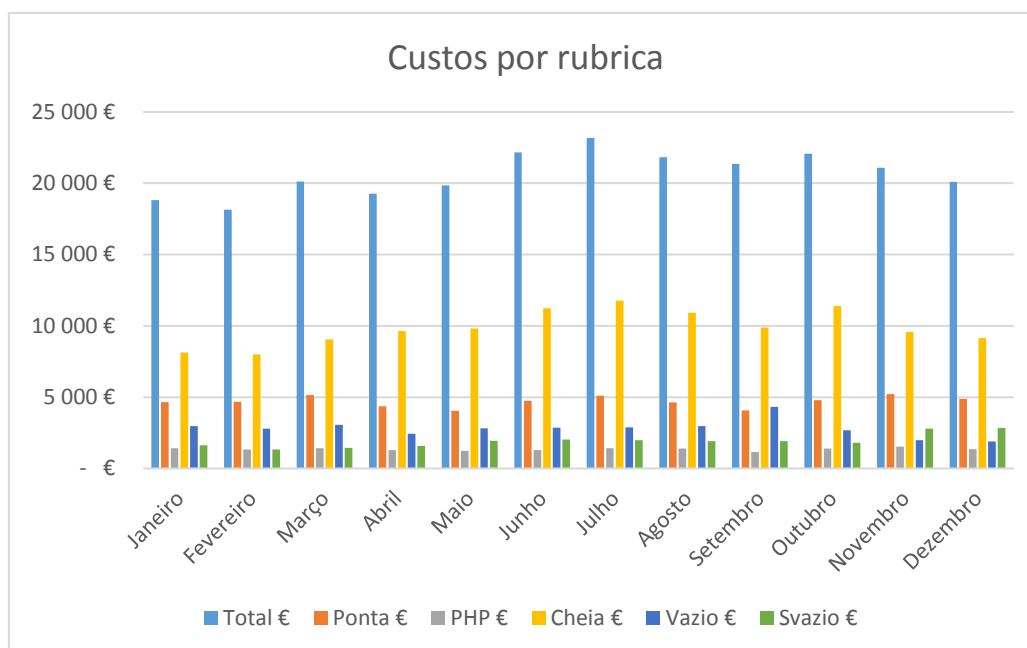


Figura 35: Evolução dos custos ao longo do ano

### 3.2.4 Dimensionamento da potência do sistema

Para efetuar o dimensionamento da potência do sistema foram considerados os locais e as áreas disponíveis e já retratados no ponto 3.2.1 e as respetivas inclinações e orientações. Atendo ao facto do consumo da instalação não estar centrado às 12 horas, mas com um período anterior, houve necessidade de construir simulações para orientação Norte e Sul (instalação na cobertura e no solo) e sua respetiva comparação com os consumos. Para tal, foram considerados painéis solares de 260 W de potência, 15,1% de eficiência e uma área de instalação de 1,8 m<sup>2</sup> (valor superior em 15% à área real de cada módulo para considerar uma margem confortável para realizar os trabalhos de instalação e de posterior manutenção). Cada simulação foi limitada ao número de painéis possíveis de serem instalados nas áreas medidas.

Deste modo, foi usado um método iterativo, como descrito no ponto 3.1.4 para dimensionar o melhor sistema para as várias hipóteses pensadas.

Foi efetuada uma simulação sem considerar um limite de área (Solo 30° ótima) para se encontrar o valor máximo e ótimo de potência pico máxima a instalar, considerando a

produção máxima que a análise do diagrama de cargas permite absorver. Dessa simulação ótima conclui-se que a potência máxima a instalar deverá ser 674 kW (ponto onde a média das diferenças entre consumo e produção são mínimos), a que corresponde uma área total de módulos de 4664 m<sup>2</sup>.

No entanto, para evitar o sombreamento entre fileiras de painéis e admitindo uma inclinação ótima de 30°, esta potência de 674 kW não seria possível de instalar no solo, uma vez que a área útil de painéis no local 1 seria de 3110 m<sup>2</sup> (para uma área total de 5500 m<sup>2</sup>).

Para cada simulação realizada foi ainda calculado o valor da poupança expectável atendendo à tarifa e à energia consumida internamente pela instalação, com o objetivo de fornecer mais uma informação para a tomada de decisão em relação ao dimensionamento mais correto.

A Tabela 5 resume os resultados obtidos nas simulações. Desta análise pode-se concluir que a melhor solução será a combinação entre instalação em “Cobertura complanar Sul” e “Solo 30° Sul área disponível”, uma vez que esta combinação permite ter a potência da instalação próxima da potência ótima, bem como permite a maior poupança.

Tabela 5: Resumo de simulações

Simulação	Cobertura complanar Norte	Cobertura complanar Sul	Solo 30° Sul ótima	Solo 30° Sul área disponível
Limite de painéis	863	863	2591	1727
Área (m <sup>2</sup> )	1553	1553	4664	3109
Energia produzida (kWh/ano)	239719	299473	940055	626583
% de energia consumida	97%	96%	83%	88%
Tarifa evitada (€/kWh)	0,1265	0,1283	0,1285	0,1283
Potência kWp	224	224	674	449
Poupança (€/ano)	29 561 €	36 940 €	100 006 €	70 525 €

### 3.2.5 Dimensionamento do sistema



Figura 36: Locais de instalação da solução ótima

Após a análise e ponderação de todos os fatores a solução técnica que aparenta ser a mais adequada tecnicamente é apresentada na Tabela 6, isto é, a combinação de cobertura complanar e solo 30°, ambos com orientação sul, permitem uma potência pico total de 673 kW, muito próximo ao pico de potência máxima ótimo de 674 kW simulado para o caso de estudo.

Tabela 6: Solução ótima a instalar

Simulação	Cobertura complanar Sul	Solo 30° Sul área disponível
<b>Número de painéis</b>	863	1727
<b>Área ocupada (m<sup>2</sup>)</b>	1553	3109
<b>Energia produzida (kWh/ano)</b>	299473	626583
<b>% de energia consumida</b>	96%	88%
<b>Tarifa evitada (€/kWh)</b>	0,1283	0,1283
<b>Potência kWp</b>	224	449
<b>Poupança (€/ano)</b>	36 940 €	70 525 €

De referir ainda que, tecnicamente, é usada uma potência nominal inferior em cerca de 15% ao valor da potência pico (ver 3.1.5.), ou seja, neste caso a potência nominal será a

de 580 kW. Esta potência nominal irá corresponder a 18 inversores de 30 kW e 2 inversores de 20 kW.

Assim sendo, com este dimensionamento, a futura central produzirá 926 MWh de energia por ano, o que corresponderá a 36% da energia consumida anualmente pela instalação fabril. Desta energia produzida, 90% da energia será consumida internamente e apenas 10% será introduzida na RESP.

Seguidamente apresentam-se nos gráficos (Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40) exemplos da distribuição da produção e do consumo, durante os períodos de produção (são omitidos os valores nos períodos de não produção da central).

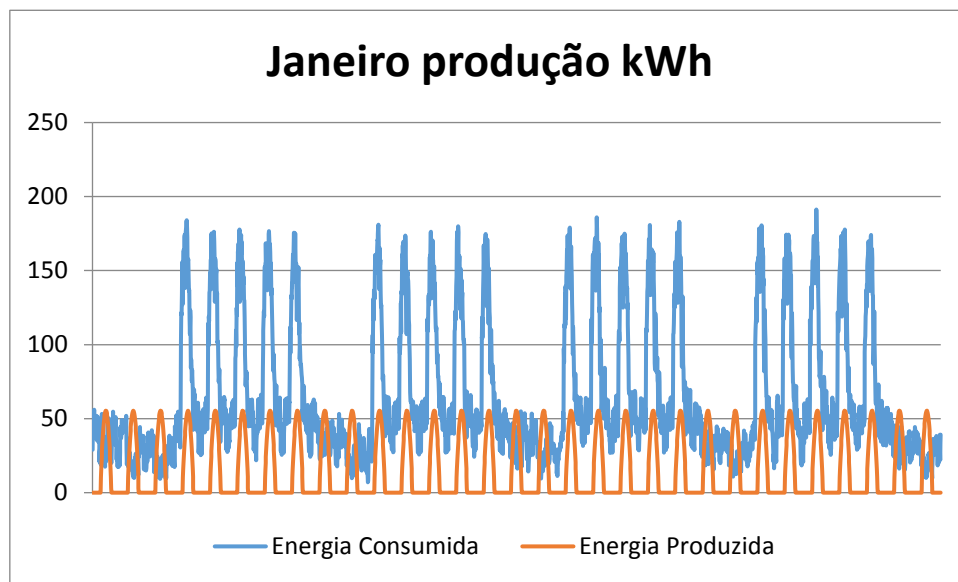


Figura 37: Gráfico da produção Vs consumo Janeiro

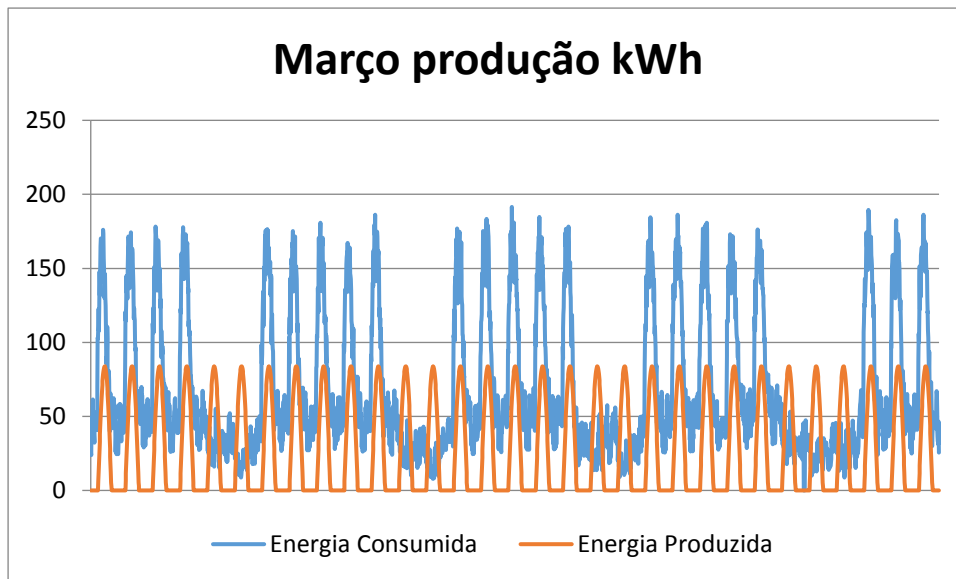


Figura 38: Gráfico de produção Vs consumo Março

Como se pode observar pelos gráficos acima representados, nos períodos de Inverno (usando o exemplo de Janeiro) a produção é praticamente toda ela consumida internamente pela instalação, mesmo nos dias de fim-de-semana. Já a partir de Março (Figura 38) e de forma ainda mais evidente no pico do Verão (Figura 39 e Figura 40), ao fim-de-semana a produção excede a capacidade de consumo interno pela instalação, o que irá gerar um excedente de energia que será introduzida na rede.

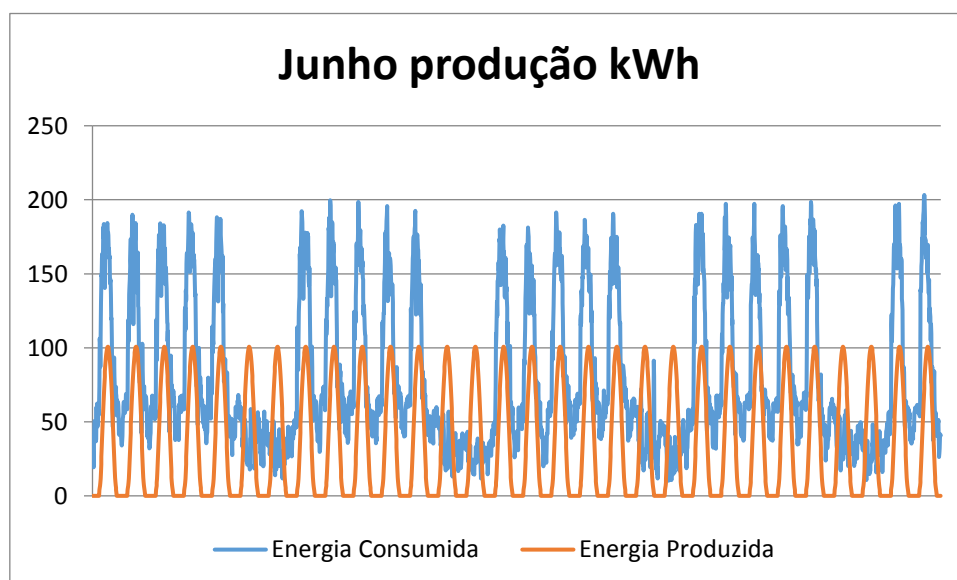


Figura 39: Gráfico produção Vs consumo Junho

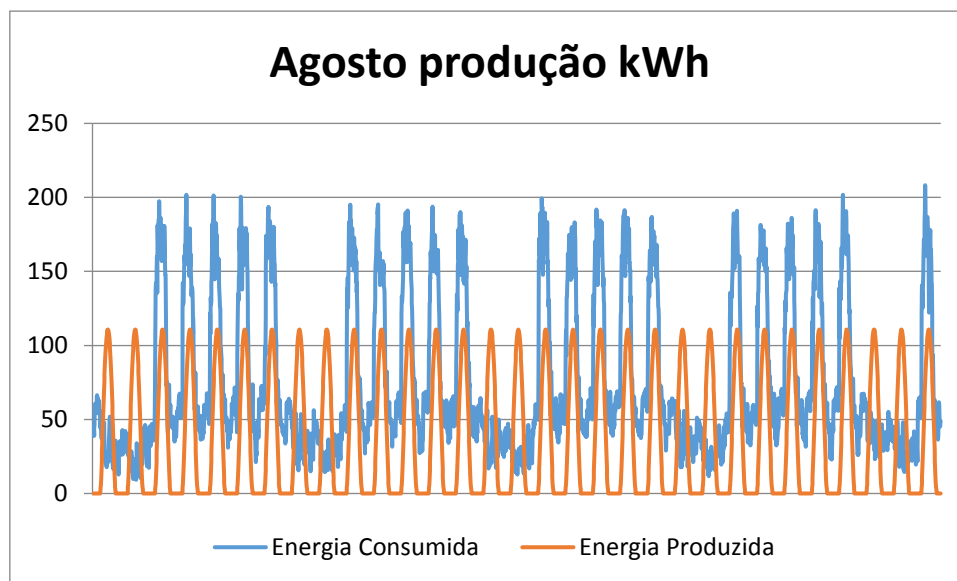


Figura 40: Gráfico produção Vs consumo Agosto

### 3.2.6 Análise de viabilidade económica

A análise de viabilidade económica de um projeto de investimento numa central fotovoltaica é fundamental, pois trata-se sempre de um projeto com retorno ao investimento não imediato.

Nesse sentido é muito importante fazer uma boa negociação de todos os equipamentos, peças e serviços que contribuem para o custo da central.

Tabela 7: Custos por rubrica da instalação

Equipamento	Unidade	Quant.	Preço/Un	Total
<b>Módulos solares 260W</b>	Un	2 590	166,38 €	430 916 €
<b>Inversor 30 kW</b>	Un	18	2 917 €	52 510 €
<b>Inversor 20 kW</b>	Un	2	2 239 €	4 477 €
<b>Estrutura Solo 30</b>	Un	1	66 054 €	66 054 €
<b>Estrutura complanar</b>	Un	1	19 500 €	19 500 €
<b>Conectores</b>	Un	200	1,3 €	260 €
<b>Sistema de Monitorização</b>	Un	1	688 €	688 €
<b>Cabo Solar 6 mm</b>	m	5 000	0,676 €	3 380 €
<b>Quadro AC</b>	Un	1	5 392 €	5 392 €
<b>Instalação</b>	Un	1	58 799 €	58 799 €
<b>TOTAL</b>				<b>641 976 €</b>
<b>TOTAL/Wp</b>			<b>0,953 €</b>	

Como se pode verificar pela análise da Tabela 7, o custo dos módulos fotovoltaicos é a rubrica com maior peso na estrutura de custos, seguindo-se a estrutura, inversores e

instalação. Tal como previamente referido, o custo da estrutura inclinada é muito superior ao da complanar.

Na avaliação de viabilidade económica é também fundamental o cálculo da tarifa evitada, que corresponde ao valor ponderado da energia produzida pela central em cada momento e o respetivo custo da tarifa. Este engloba o preço da energia ativa, redes e potência em horas de ponta.

Para o estudo foi ainda considerado o preço da tarifa ganho a partir da energia excedente injetada na rede. Como previsto na regulamentação (Diário da República, 2014) o valor corresponde a um desconto de 10% sobre o valor médio mensal do mercado liberalizado. Assim sendo foi considerado o valor de 0,0449 €/kWh, que corresponde a 90% do valor do MIBEL (Mercado Ibérico de eletricidade) para o mês de Outubro de 2015 (MIBEL, 2016), último relatório publicado até ao momento.

Para a realização da análise de viabilidade económica é ainda necessário fazer algumas considerações técnicas relativamente à eficiência do sistema na sua generalidade e dos módulos fotovoltaicos em particular. Neste estudo foi considerada uma eficiência média dos módulos de 15,1% e uma perda total do sistema de 14%. Do mesmo modo, foi considerado que os módulos têm uma perda de eficiência de 1% ao ano, valor conservadoramente utilizado uma vez que vários fabricantes consideram uma perda anual de 0,7%.

Outros valores a considerar para o estudo são a taxa de desconto do capital (WACC) e a inflação. Neste estudo, assumindo mais uma vez uma posição conservadora utilizou-se uma taxa de inflação de 0% e uma WACC de 4%.

É igualmente importante considerar custos de operação e manutenção da instalação (O&M), bem como custos com seguros. Para este caso foram considerados custos percentuais de acordo com o ganho anual de 4% e 1%, respetivamente.

Numa análise de viabilidade económica deste tipo de projetos, com um tempo de vida útil esperado de 25 anos, todos os pressupostos devem ser considerados de forma conservadora, para que o risco de rendibilidade do projeto seja minimizado.

Transformando os dados obtidos numa análise gráfica obtemos o gráfico apresentado em baixo (Figura 41).

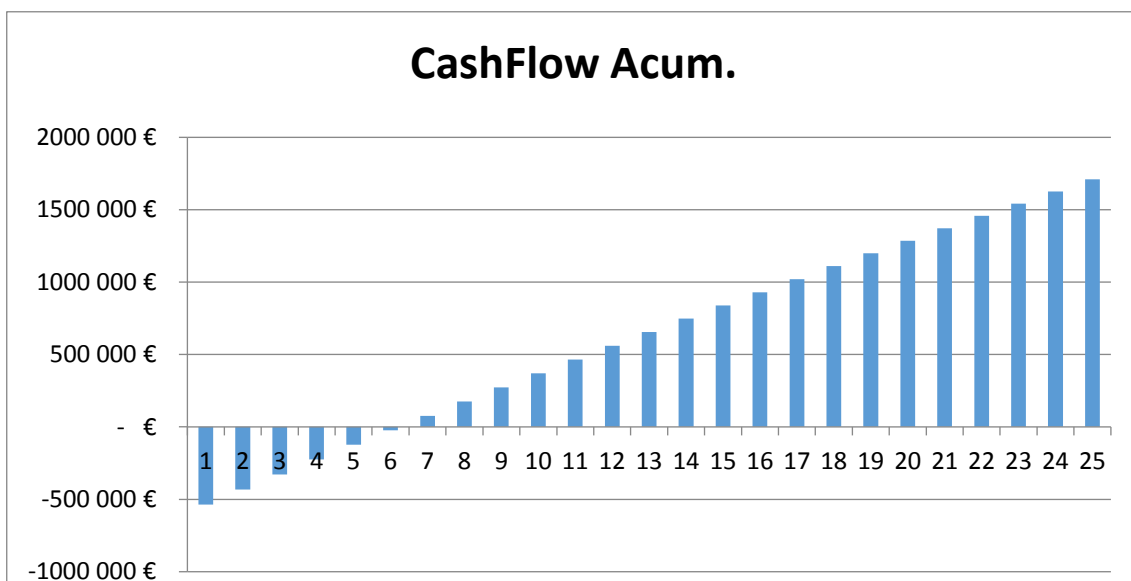


Figura 41: Gráfico do *cash flow* acumulado do projeto

Nesta análise (ver Tabela 8) é possível perceber que o projeto tem um retorno ao investimento um pouco superior a seis anos e ao fim de 25 anos acumula um valor de 1,69 milhões de euros.

Não obstante, para que tenhamos uma análise completa do projeto foi ainda calculado o Valor Atual Líquido (VAL) e a Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) para o tempo estimado de vida do sistema. Essa análise permitiu obter um VAL de 810.478€ e uma TIR de 15%.

Para melhor se perceberem os resultados da avaliação realizada, transformaram-se os dados obtidos numa tabela resumo (Tabela 8).

Desta análise salienta-se que a produção energética da central para o primeiro ano corresponde a 36% do consumo total de energia do ano anterior. Cerca de 10% dessa energia será vendida à rede, maioritariamente a produzida aos fins-de-semana, período em que há menor consumo.

Tabela 8: Análise de viabilidade económica

Ano	Prod. Inj. na Inst. kWh	Prod. Inj. na Rede kWh	Tarifa Evitada €/kWh	Seguro	O&M	Venda à Rede	Consumo Interno	CashFlow	CashFlow Acum.
<b>0</b>								- <b>641 976 €</b>	- <b>641 976 €</b>
<b>1</b>	837 608,53	88 453,38	0,1270 €	1 103 €	4 414 €	3 972 €	106 376 €	104 830 €	- 537 146 €
<b>2</b>	829 232,47	87 568,85	0,1270 €	1 092 €	4 370 €	3 932 €	105 313 €	103 782 €	- 433 364 €
<b>3</b>	820 940,13	86 693,16	0,1270 €	1 082 €	4 326 €	3 893 €	104 259 €	102 744 €	- 330 619 €
<b>4</b>	812 730,72	85 826,22	0,1270 €	1 071 €	4 283 €	3 854 €	103 217 €	101 717 €	- 228 903 €
<b>5</b>	804 603,41	84 967,96	0,1270 €	1 060 €	4 240 €	3 815 €	102 185 €	100 700 €	- 128 203 €
<b>6</b>	796 557,38	84 118,28	0,1270 €	1 049 €	4 198 €	3 777 €	101 163 €	99 693 €	- 28 510 €
<b>7</b>	788 591,78	83 277,10	0,1270 €	1 039 €	4 156 €	3 739 €	100 151 €	98 696 €	70 186 €
<b>8</b>	780 705,88	82 444,34	0,1270 €	1 029 €	4 114 €	3 702 €	99 150 €	97 709 €	167 894 €
<b>9</b>	772 898,81	81 619,89	0,1270 €	1 018 €	4 073 €	3 665 €	98 158 €	96 732 €	264 626 €
<b>10</b>	765 169,84	80 803,69	0,1270 €	1 008 €	4 032 €	3 628 €	97 177 €	95 764 €	360 391 €
<b>11</b>	757 518,16	79 995,66	0,1270 €	998 €	3 992 €	3 592 €	96 205 €	94 807 €	455 197 €
<b>12</b>	749 942,98	79 195,70	0,1270 €	988 €	3 952 €	3 556 €	95 243 €	93 859 €	549 056 €
<b>13</b>	742 443,55	78 403,74	0,1270 €	978 €	3 912 €	3 520 €	94 290 €	92 920 €	641 976 €
<b>14</b>	735 019,09	77 619,71	0,1270 €	968 €	3 873 €	3 485 €	93 347 €	91 991 €	733 967 €
<b>15</b>	727 668,92	76 843,51	0,1270 €	959 €	3 835 €	3 450 €	92 414 €	91 071 €	825 038 €
<b>16</b>	720 392,23	76 075,08	0,1270 €	949 €	3 796 €	3 416 €	91 490 €	90 160 €	915 198 €
<b>17</b>	713 188,31	75 314,33	0,1270 €	940 €	3 758 €	3 382 €	90 575 €	89 259 €	1 004 457 €
<b>18</b>	706 056,42	74 561,19	0,1270 €	930 €	3 721 €	3 348 €	89 669 €	88 366 €	1 092 823 €
<b>19</b>	698 995,86	73 815,58	0,1270 €	921 €	3 683 €	3 314 €	88 772 €	87 482 €	1 180 306 €
<b>20</b>	692 005,92	73 077,42	0,1270 €	912 €	3 647 €	3 281 €	87 885 €	86 608 €	1 266 913 €
<b>21</b>	685 085,84	72 346,65	0,1270 €	903 €	3 610 €	3 248 €	87 006 €	85 742 €	1 352 655 €
<b>22</b>	678 235,00	71 623,18	0,1270 €	894 €	3 574 €	3 216 €	86 136 €	84 884 €	1 437 539 €
<b>23</b>	671 452,64	70 906,95	0,1270 €	885 €	3 538 €	3 184 €	85 274 €	84 035 €	1 521 574 €
<b>24</b>	664 738,13	70 197,87	0,1270 €	876 €	3 503 €	3 152 €	84 422 €	83 195 €	1 604 769 €
<b>25</b>	658 090,75	69 495,90	0,1270 €	867 €	3 468 €	3 120 €	83 578 €	82 363 €	1 687 132 €

Tabela 9: Resumo de dados de avaliação

Potência de cada painel (kW)	Energia anual produzida (kWh)	Tarifa Aplicável (€/kWh)	Numero de painéis	Energia injetada no cliente (kWh)
0,260	926056	0,1270 €	2590	837609
Eficiência painel (%)	Perda de Eficiência por ano (%)	Tarifa Evitada (€/kWh)	Potência instalada pico kW	Energia injetada na rede kWh
15,1%	1%	0,1270 €	673	88453
Área utilizada m <sup>2</sup>	Energia Consumida anual (kWh)	Tarifa Mibel (€/kWh)	VAL a 25 anos	Percentagem energia total produzida
4662	2544396	0,0449 €	810 478 €	36%
Numero Limite de painéis	Payback (anos)	Número de inversores	TIR a 25 anos	Percentagem energia consumida
2590	6,3	20	15%	90%
Garantia máxima (anos)	Poupança anual (€)	Potência nominal kW	WACC (%)	Percentagem energia injetada
25	104 830 €	580	4%	10%
Investimento Inicial (€)	Duração do Contrato (anos)	Perdas do Sistema (%)	Orientação (º)	Inclinação (º)
641 976 €	25	14%	Sul	30º e 15º

### 3.2.7 Proposta de contrato de desempenho

Como já referido anteriormente, foi realizado um estudo de financiamento recorrendo a um fundo de investimento para o estabelecimento de um contrato de desempenho energético.

Este tipo de financiamento têm como regra não exceder os 15 anos de contrato, relativamente a projetos de centrais fotovoltaicas, uma vez que durante esse período existe garantia total dos módulos. Do mesmo modo, exigem ainda que a taxa interna de rendibilidade do projeto seja superior a 10%. Naturalmente, para além destas exigências é feita uma avaliação muito rigorosa ao risco financeiro da instituição, investindo apenas em empresas com índices positivos de solvabilidade.

De salientar ainda que estes investidores pretendem concluir de forma célere o projeto, apesar de partilhar pelo menos 10% das receitas, como incentivo ao negócio e ao zelo futuro da instalação.

Feita a análise de viabilidade técnica, económica e financeira, os fundos de investimento elaboram os respetivos contratos onde garantem, pelo crédito que depositam nos seus parceiros técnicos, o desempenho da instalação e assumem todo o risco tecnológico. Neste tipo de projetos o investidor é responsável por todo o processo e garante a O&M ao longo dos anos de contrato.

No entanto, o risco de consumo é suportado pela empresa. Ou seja, o investidor exige que a instalação consuma o valor de energia previsto no estudo (neste caso 90% da energia produzida pela central).

Para atestar por um lado a garantia de produção do sistema e por outro o consumo pela instalação, deverá ser instalado um sistema de monitorização. Este deve ser composto por registador (conectado a cada um dos inversores), por um contador de energia e uma estação meteorológica. Com este sistema completo de monitorização será possível fazer a Medição e Verificação do contrato a celebrar.

Será possível avaliar se o sistema está a produzir de acordo com o previsto (comparação entre produção e condições meteorológicas recolhidas pela estação) e também se a instalação está a garantir o consumo definido (através do contador de energia que deve registar o consumo interno e a energia introduzida na rede).

Todo o sistema deverá ter ligação à internet para que o acesso aos dados e monitorização dos mesmos seja possível à distância e em tempo real (ver Figura 42).

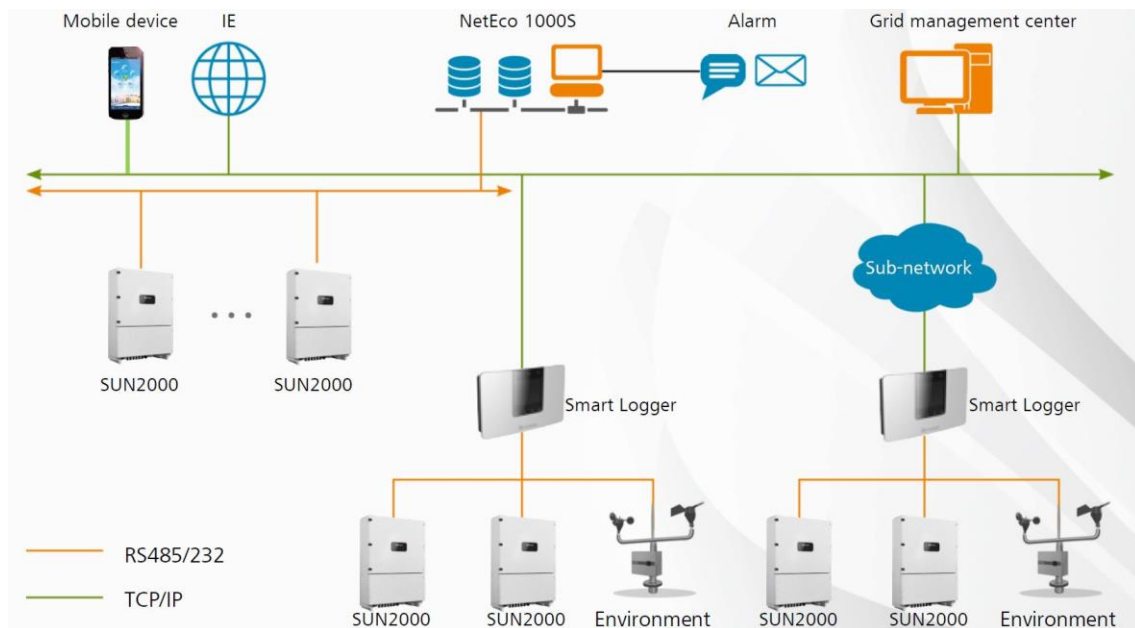


Figura 42: Exemplo de sistema de monitorização de Gestão (Huawei, 2016)

No entanto, a responsabilidade da boa gestão será da equipa técnica contratada pelo investidor para o efeito, que deverá definir um conjunto de alarmes que lhes permita gerir a central e intervir no menor tempo possível, garantindo o melhor funcionamento da central ao longo do contrato. Só desta forma é possível gerir corretamente um contrato de desempenho energético e com garantia de produção.

Considerando os pressupostos supra referidos procedeu-se à análise de viabilidade económica do projeto (ver Tabela 10).

O gráfico da Figura 43 mostra que o projeto de investimento para o fundo tem um retorno ao investimento de cerca de sete anos e atinge um valor acumulado no final dos 15 anos de contrato de 678.336 euros, considerando uma partilha de 10% dos ganhos com a empresa (ver Tabela 11). Note-se que o valor da partilha corresponde à percentagem após retirados todos os custos com o projeto (O&M e seguros).

Analisando os dados do estudo financeiro (Tabela 10) verifica-se que o Fundo de Investimento poderá realizar um contrato a 15 anos, obtendo uma TIR de 11% e um VAL de 113.060 euros, considerando uma taxa de desconto de 8% (valor solicitado para este tipo de projetos).

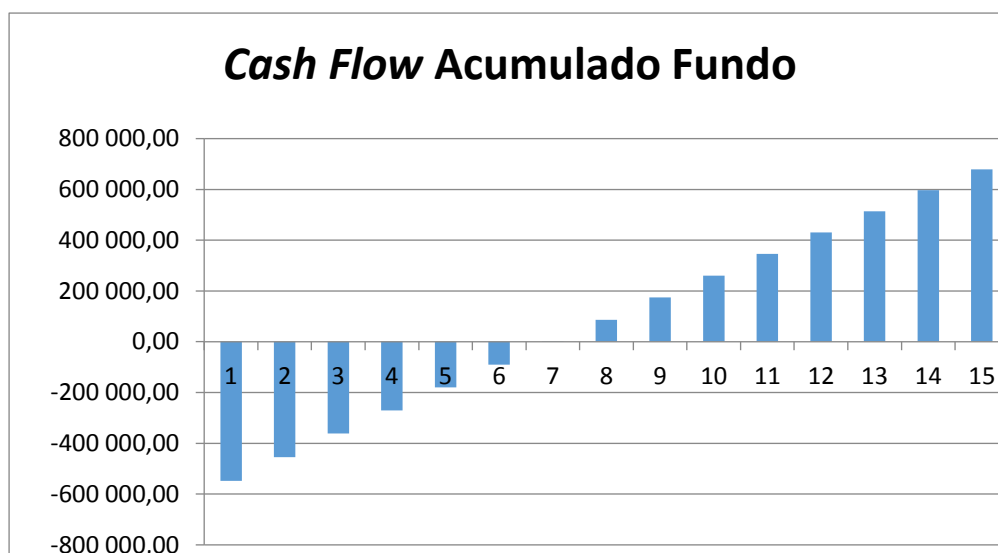


Figura 43: Cash flow acumulado Investidor

Do ponto de vista da indústria, obterá uma poupança para o primeiro ano de contrato de 10.483 euros sem qualquer investimento. No fim do contrato, a empresa ainda poderá usufruir de 10 anos de garantia de produção por parte do fabricante dos módulos. A realização deste contrato permite à empresa no final do tempo de vida da instalação obter um resultado acumulado superior a um milhão de euros (ver Figura 44 e Tabela 10).

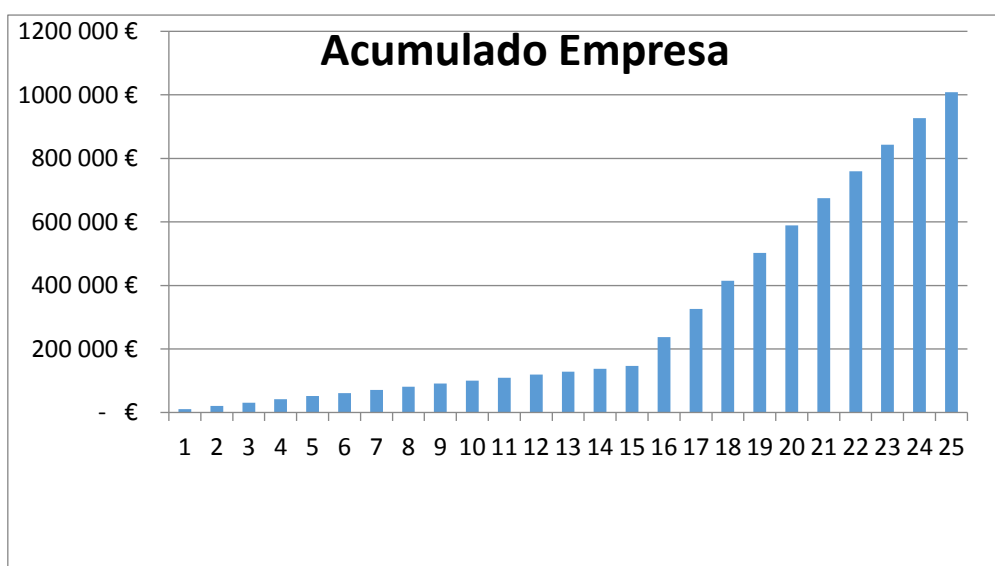


Figura 44: Cash flow acumulado empresa

Tabela 10: Análise de viabilidade investidor

Ano	Consumo interno	Venda à Rede	Poupança Cliente	Acumulado Cliente	CashFlow	CashFlow Acumulado
0					-641 976,38	-641 976,38
1	3 972 €	106 376 €	10 483 €	10 483 €	94 347,40	-547 628,97
2	3 932 €	105 313 €	10 378 €	20 861 €	93 403,93	-454 225,04
3	3 893 €	104 259 €	10 274 €	31 136 €	92 469,89	-361 755,15
4	3 854 €	103 217 €	10 172 €	41 307 €	91 545,19	-270 209,96
5	3 815 €	102 185 €	10 070 €	51 377 €	90 629,74	-179 580,22
6	3 777 €	101 163 €	9 969 €	61 347 €	89 723,44	-89 856,78
7	3 739 €	100 151 €	9 870 €	71 216 €	88 826,20	-1 030,58
8	3 702 €	99 150 €	9 771 €	80 987 €	87 937,94	86 907,37
9	3 665 €	98 158 €	9 673 €	90 660 €	87 058,56	173 965,93
10	3 628 €	97 177 €	9 576 €	100 237 €	86 187,98	260 153,91
11	3 592 €	96 205 €	9 481 €	109 717 €	85 326,10	345 480,02
12	3 556 €	95 243 €	9 386 €	119 103 €	84 472,84	429 952,86
13	3 520 €	94 290 €	9 292 €	128 395 €	83 628,11	513 580,97
14	3 485 €	93 347 €	9 199 €	137 594 €	82 791,83	596 372,80
15	3 450 €	92 414 €	9 107 €	146 701 €	81 963,91	678 336,72
16	3 416 €	91 490 €	90 160 €	236 862 €		
17	3 382 €	90 575 €	89 259 €	326 120 €		
18	3 348 €	89 669 €	88 366 €	414 487 €		
19	3 314 €	88 772 €	87 482 €	501 969 €		
20	3 281 €	87 885 €	86 608 €	588 577 €		
21	3 248 €	87 006 €	85 742 €	674 318 €		
22	3 216 €	86 136 €	84 884 €	759 202 €		
23	3 184 €	85 274 €	84 035 €	843 238 €		
24	3 152 €	84 422 €	83 195 €	926 433 €		
25	3 120 €	83 578 €	82 363 €	1 008 796 €		

Tabela 11: Tabela resumo projeto financiado

Potência de cada painel (kW) 0,260	Energia anual produzida (kWh) 926056	Partilha % 10%	Numero de painéis 2590	Energia injetada no cliente 837609
Eficiência painel (%) 15,1%	Perda de Eficiência por ano (%) 1%	Tarifa Evitada (€/kWh) 0,1270 €	Potência instalada pico kW 673	Energia injetada na rede 88453
Área utilizada m2 4662	Energia Consumida anual (kWh) 2544396	Tarifa Mibel (€/kWh) 0,0449 €	VAL a 15 anos 113 060 €	Percentagem energia total produzida 36%
Limite de paineis 2590	Payback (anos) 7,0	Número de inversores 20	TIR a 15 anos 11%	Percentagem energia consumida 90%
Garantia máxima (anos) 25	Poupança anual (€) 94 347 €	Potência nominal kW 580	WACC (%) 8%	Percentagem energia injetada 10%
Investimento Inicial (€) 641 976 €	Duração do Contrato (anos) 15	Perdas do Sistema (%) 14%	Orientação (º) Sul	Inclinação (º) 30º e 15º



# CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÃO INICIAL

4.2 CONCLUSÃO FINAL



## 4 CONCLUSÕES

Num panorama energético mundial inquietante, torna-se imperativo agir rapidamente de forma a inverter a tendência do uso irracional das energias fósseis. Neste desafio, as energias renováveis aparecem como uma alternativa à produção energética mundial. Neste âmbito, a energia solar é uma das grandes apostas no futuro, com o intuito de promover o desenvolvimento sustentável e o combate às alterações climáticas.

Esta tese teve como principal objetivo a promoção de uma solução eficiente para a produção de energia elétrica a partir de painéis fotovoltaicos numa indústria agroalimentar. Como objetivo secundário foi efetuado um estudo de viabilidade económica para a aquisição direta da central ou recorrendo a um contrato de desempenho energético.

Assim, é possível diminuir a produção de energia elétrica com recurso a energias fósseis, e obter uma central capaz de produzir eletricidade no próprio local de consumo, tornando, de alguma forma, o produtor/consumidor autossustentável.

### 4.1 CONCLUSÃO INICIAL

Para o desenvolvimento do projeto de implementação de uma central fotovoltaica numa indústria agroalimentar foi necessário analisar cinco etapas indissociáveis e sequenciais entre si, inerentes à construção de um projeto com esta tipologia. Estas incluíram a caracterização do local a instalar, a caracterização da radiação local, a caracterização do consumo de energia da instalação, o dimensionamento da potência do sistema e o dimensionamento do sistema. A partir desta análise e da respetiva estrutura de custos foi possível avaliar a viabilidade económica do projeto. Por fim foi efetuada uma proposta de contrato de desempenho.

Inicialmente foi efetuada uma caracterização preliminar do local a instalar a central fotovoltaica. Numa primeira fase foram identificados onze potenciais locais de instalação, dos quais foram conclusivamente dados como viáveis apenas cinco, após visita técnica ao local (Local 1, Local 4, metade da área do Local 6, metade da área do Local 7 e Local 11). Por este motivo, torna-se imprescindível a visita técnica ao local,

onde possam ser identificados alguns constrangimentos à instalação e ao seu rendimento futuro, tais como: inclinação do plano de instalação, resistência do plano de instalação, distância ao PT, sombreamentos, entre outros.

Posteriormente foi caracterizada a radiação local considerando as várias inclinações dos locais onde era possível fazer a instalação da central. Deste estudo foi concluído que, relativamente à instalação nas coberturas, a diferença na produção de energia de uma instalação a 15°, ou seja, complanar à cobertura, para uma com 30° de inclinação seria de 4,4%, enquanto o aumento de custo com a estrutura seria de 5%. Deste modo, foi explícito que a instalação complanar nas coberturas é economicamente mais interessante, uma vez que o ganho causado pelo aumento da inclinação não é compensado pelo aumento do preço na aquisição de estrutura triangular. Por outro lado, relativamente à instalação no solo, a diferença na produção será mais significativa se a inclinação for de 0° para 30°, uma vez que o ganho de produção é de 15%, compensando o aumento de custo da estrutura (cerca de 5%).

Numa terceira fase foram caracterizados os perfis de consumo da instalação através da análise do diagrama de cargas de um ano, permitindo o correto dimensionamento da potência da central a instalar, assim como a otimização da energia produzida, de forma a maximizar o seu consumo interno. Para um projeto de UPAC é fundamental aproximar o máximo possível a energia produzida pela central da energia consumida pela instalação em cada momento, e ao mesmo tempo evitar a produção em excesso, uma vez que o valor pago pela RESP ao produtor é muito inferior ao valor das tarifas pagas ao comercializador. O cálculo do custo evitado de energia deve ser calculado em cada momento (frações de 15 minutos), considerando o tarifário praticado pelo comercializador de energia para aquele momento e incorporando todas as rubricas que contribuem para os custos (tarifa de energia, tarifa de redes e PHP). Para o estudo desta instalação em particular, e uma vez que a central produz sobretudo no período tarifário de cheias e ponta, pode-se concluir que o valor de energia evitado pela instalação da central fotovoltaica é muito superior ao valor médio da tarifa de energia de consumo da RESP.

Na quarta etapa foi abordado o dimensionamento da potência do sistema. A simulação ótima encontrada, isto é, o valor máximo de potência pico a instalar considerando a produção máxima que a análise do diagrama de cargas permite absorver, para o estudo em causa foi de 674kW. A análise detalhada das produções de energia para os vários locais considerados e as especificidades de cada um, tal como a inclinação e orientação, foi determinante na escolha do local ideal. No presente estudo a solução mais favorável encontrada foi com orientação a sul. Destas, a combinação ótima encontrada foi a instalação complanar em cobertura e a associada ao solo a 30°, uma vez que esta combinação permite ter a potência da instalação próxima da potência ótima, bem como permite a maior poupança.

Por fim, foi elaborado o dimensionamento do sistema. A central fotovoltaica com as características acima referidas foi dimensionada para 673 kW de potência e com uma produção de energia para o primeiro ano de 926 MWh.

Posteriormente foi possível estruturar a análise de viabilidade económica do projeto. Relativamente ao modelo de auto financiamento, o projeto apresenta um custo de 641.976€ e uma poupança anual de 104.830 €, o que resulta num período de retorno ao investimento de 6,3 anos. A tarifa média de energia produzida é de 0,1270 €/kWh e a tarifa para a energia produzida e injetada na rede de 0,0449 €/kWh. Estima-se que esta central produza no primeiro ano 36% da energia consumida pela instalação no ano anterior. Dessa energia produzida, 90% seja consumida internamente, o que atesta o bom dimensionamento da mesma e a diminuição da dependência da unidade industrial da RESP, podendo ter um maior controlo dos seus custos com energia.

Deste modo, pode-se assumir que de facto, o projeto apresenta viabilidade económica.

O presente estudo permite ainda concluir quanto à exequibilidade de um contrato de desempenho energético para o projeto. Neste caso, o estudo do contrato permitiu identificar um retorno ao investimento de cerca de sete anos e um valor acumulado no final dos 15 anos de contrato de 678.336 euros, considerando uma partilha de 10% dos ganhos com a empresa. Em conclusão, verifica-se que é exequível a celebração desde contrato, com uma duração de 15 anos, obtendo uma TIR de 11% e um VAL de 113.060 euros.

## 4.2 CONCLUSÃO FINAL

O desenvolvimento de um projeto de estudo e instalação e uma UPAC deve ser realizado de forma minuciosa por técnicos experientes. O desenvolvimento deste tipo de projetos é muito longo e complexo, pelo que o seu estudo deve ser metódico e conservador para garantir o seu sentido económico e financeiro.

O projeto em estudo tem viabilidade para ser realizado em autofinanciamento, atingindo a 25 anos um VAL 810,478€ (taxa de desconto de 4%), uma TIR de 15% e um valor acumulado de 1.69 milhões de euros.

O projeto é também viável para propor a um fundo de investimento especializado em energia, pois permite com uma partilha de 10% a 15 anos, que o Fundo atinja o retorno ao investimento em cerca de 7 anos, um VAL de 113.060€ e uma TIR de 11%.

Por seu lado a empresa sem qualquer investimento inicial passa a ter nos primeiros 15 anos de contrato uma poupança de 10.481€ anuais, e a partir dos 15 anos passa a usufruir da totalidade dos ganhos com a produção da central. Uma vez que os fabricantes de módulos fornecem garantias de produção até 25 anos, no final da vida útil estimada para a central, o projeto pode render para a indústria um valor acumulado de mais de um milhão de euros.

Este projeto permitirá à empresa ganhar uma autonomia de 36% de energia em relação à RESP passando a ter um maior controlo na gestão dos seus custos de energia. Desta forma a empresa tornar-se-á certamente mais competitiva.

Como conclusão, percebe-se que a obtenção precisa de resultados de avaliação económica de centrais de FER é de extrema importância de forma a garantir futuros investimentos nestas tecnologias, proporcionando um acréscimo de produção de energia limpa e visando um futuro mais sustentável neste planeta.

# BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO



## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- Agência Europeia do Ambiente. (22 de Agosto de 2016). *Alterações Climáticas*. Obtido de Agência Europeia do Ambiente: <http://www.eea.europa.eu/pt/themes/climate/intro>
- Barnett A., e. a. (2009). Very High Efficiency Solar Cell Modules. *Progress in Photovoltaics: Reserch and applications*, 75-83.
- Blue Sol Educacional. (25 de Agosto de 2016). *Blue Sol*. Obtido de energia solar: <http://www.blue-sol.com/energia-solar/energia-solar-como-funciona-o-efeito-fotovoltaico/>
- Castro, R. M. (2002). *Introdução à energia Fotovoltaica*. Lisboa: Instituto Superior Técnico de Lisboa.
- Centro de referência para a energia solar e eólica Sérgio Brito. (25 de Agosto de 2016). *CRESESB*. Obtido de Centro de referência para a energia solar e eólica Sérgio Brito: [http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com\\_content&cid=331](http://www.cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=331)
- Comissão Europeia. (27 de Agosto de 2016). *Joint Research Centre*. Obtido de Energy Efficiency: <http://iet.jrc.ec.europa.eu/energyefficiency/european-energy-service-companies/energy-performance-contracting>
- CTE 64, C. t. (2015). *Esquemas tipo de unidades de produção para autoconsumo (UPAC) com tecnologia Solar Fotovoltaica, versão preliminar*. Lisboa: Direção Geral de Energia e Geologia.
- Diário da República. (2014). Decreto-Lei n.º 153/2014, 1ª série - N.º 202-20 de Outubro. *Diário da República*, 5298 - 5311.
- Direção Geral de Energia e Geologia. (2016). *Renováveis - Estatísticas rápidas - nº 139*. Lisboa: Direção Geral de Energia e Geologia.
- Efficiency Valuation Organization. (2012). *IPMVP, International Performance Measurement and Verification Protocol*. Toronto, Canada: Efficiency Valuation Organization.
- Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos. (2015). *Tarifas e Preços para a Energia Elétrica e Outros Seviços em 2016*. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos.
- ERSE. (29 de Setembro de 2016). *Períodos tarifários*. Obtido de ERSE: <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/periodoshorarios/Paginas/CicloSemanalTodosFornecPtCont.aspx>
- FEDENE - Fédérations des Services Énergie Environnement. (2011). *MESURE ET VERIFICATION DE LA PERFORMANCE ENERGETIQUE*. Paris.
- Ferreira, R. (26 de Agosto de 2016). *Páginas Feup*. Obtido de Paineis fotovoltaicos: [http://paginas.fe.up.pt/~ee03195/Carro\\_Solar/PaineisCurvasdeFuncionamento.html](http://paginas.fe.up.pt/~ee03195/Carro_Solar/PaineisCurvasdeFuncionamento.html)
- FIPA -Federação das Indústrias Portuguesas Agroalimentares. (24 de Setembro de 2016). *FIPA*. Obtido de FIPA: <http://www.fipa.pt>

- Flood, M. (1995). Solar Cells: A case study of invention, development and innovation. Em E. Taylor, *T302 Inovation: Design, Environment and Strategy* (pp. 94-113). The Open University, Faculty of technology.
- Greentech. (26 de Agosto de 2016). *Greentech Distribuidora*. Obtido de Greentech Distribuidora: <http://www.greentechdistribuidora.com/SISTEMA-ENERGIA-SOLAR-CONECTADO-A-REDE-ELETRICA/prod-3498862/>
- Huawei. (2 de Outubro de 2016). *Huawei solar*. Obtido de Huawei: <http://www.huawei.com/en/all-products/solar>
- João Pinho, M. G. (2014). *Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*. Rio de Janeiro: CEPEL - CRESESB.
- MIBEL. (2015). *Informação mensal do MIBEL de Junho de 2015*. MIBEL.
- MIBEL. (1 de Outubro de 2016). *mibel*. Obtido de mibel: <http://www.mibel.com/>
- O. Schultz, S. W. (2006). Multicrystalline Silicon Solar Cells Exceeding 20% efficiency. *Progress in Photovoltaics: Reserch and Applications*, 553-558.
- Park, H.-S., & Dang, X.-P. (2011). *Design and Simulation-Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold*.
- Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia. (2009). Directiva 2009/28/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 23 de Abril. *Jornal Oficial da União Europeia*, L140/16 - L140/62.
- plasticphotovoltaics.org. (25 de Agosto 25 de 2016). *A hub for OPV research*. Obtido de Solar Cells - the three generations: <http://plasticphotovoltaics.org/lc/lc-solarcells/lc-introduction.html>
- Ribeiro, L. (2011). Colectores Solares Planos. Em L. Ribeiro, *Apontamentos colectores solares planos* (pp. 11-13). Porto: ISEP.
- Schmela, M. (22 de Agosto de 2016). *Solar Power Europe*. Obtido de Global Market Outlook 2016-2020: <http://www.solarpowereurope.org/home/>
- Silva, S. L. (2009). *Sistemática para o Projeto do Sistema de Refrigeração de Moldes para Injeção de Polímeros*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- Solar Trader Inc. (25 de Agosto de 2016). *Solar Trader*. Obtido de Solar Trader: [http://www.solartrader.ca/What\\_is\\_azimuth](http://www.solartrader.ca/What_is_azimuth)
- SunFlower Solar. (25 de Agosto de 2016). *Energia renovável*. Obtido de Qual é a diferença entre policristalino e monocristalino célula filme amorfo fino solar?: [http://www.sunflower-solar.com/index\\_pt.php?act=content&scheduler\\_id=2029](http://www.sunflower-solar.com/index_pt.php?act=content&scheduler_id=2029)
- Thomas Huld, I. P.-P. (25 de Agosto de 2016). *European Commission - Joint Research Centre*. Obtido de Institute for Energy and Transport, Renewable Energy Unit PVGIS: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

# ANEXOS

6.1 FATURA DE ELETRICIDADE DA INSTALAÇÃO

6.2 DIAGRAMA DE CARGAS

6.3 RADIÂNCIAS

6.4 EXEMPLO DE CONTRATO DE DESEMPENHO

6.5 EXEMPLO DE FICHA TÉCNICA MÓDULO SOLAR

6.6 EXEMPLO DE FICHA TÉCNICA INVERSORANEXOS

## 6 Anexos

### 6.1 Fatura de eletricidade da instalação

Termo de energia	PONTA 19.611 kWh x 0,062661 €/kWh	1.228,84 €
	CHEIA 121.540 kWh x 0,058732 €/kWh	7.138,29 €
	VAZIO 40.406 kWh x 0,049067 €/kWh	1.982,60 €
	S/VAZ 26.511 kWh x 0,039731 €/kWh	1.053,31 €
<b>Total dos termos de energia</b>		<b>11.403,04 €</b>
Termo de redes de energia	PONTA 19.611 kWh x 0,047 €/kWh	921,72 €
	CHEIA 121.540 kWh x 0,0406 €/kWh	4.934,52 €
	VAZIO 40.406 kWh x 0,0224 €/kWh	905,09 €
	S/VAZ 26.511 kWh x 0,0219 €/kWh	580,59 €
<b>Total dos termos de redes de energia</b>		<b>7.341,92 €</b>
Termo de redes de potência	PTCON 847 kW x 30 dias x 0,032 €/kW dia	813,12 €
	PTHPT 297,14 kW x 30 dias x 0,2263 €/kW dia	2.017,28 €
<b>Total dos termos de redes de potência</b>		<b>2.830,40 €</b>
Termo de energia reactiva	Cons FV (tg 0,3-0,4) 407 kVarh x 0,009141 €/kVarh	3,72 €
<b>Total dos termos de energia reactiva</b>		<b>3,72 €</b>
IVA	23% s/21.579,08 €	4.963,19 €
Contribuição Audio Visual	1 mês x 2,65 €/mês	2,65 €
IVA Contribuição Audio Visual	6% s/2,65 €	0,16 €


#### CONSUMOS


Nº contador	Função	Desde	Leitura	Até	Leitura	Consumo/Potência
0035020248	PONTA	25/04/2016	000074678	25/05/2016	000094289	19.611 kWh
0035020248	CHEIA	25/04/2016	000411086	25/05/2016	000532626	121.540 kWh
0035020248	VAZIO	25/04/2016	000165573	25/05/2016	000205979	40.406 kWh
0035020248	S/VAZ	25/04/2016	000095734	25/05/2016	000122245	26.511 kWh
0035020248	ERFEV	25/04/2016	000000206	25/05/2016	000000206	0 kVarh
0035020248	ERCFV3	25/04/2016	000001182	25/05/2016	000001589	407 kVarh
0035020248	ERCFV4	25/04/2016	000000045	25/05/2016	000000045	0 kVarh
0035020248	ERCFV5	25/04/2016	000000000	25/05/2016	000000000	0 kVarh
0035020248	PTCON	25/04/2016	000000000	25/05/2016	000000847	847 kW
0035020248	PTHPT	25/04/2016	000000000	25/05/2016	000000297,14	297,14 kW
0035020248	PTTMV	25/04/2016	000000000	25/05/2016	000000675	675 kW
0035020248	PTTFV	25/04/2016	000000000	25/05/2016	000000774	774 kW


Tipo de leitura: REAL

- ↳ Emissão de CO<sub>2</sub> associado ao consumo de energia desta fatura: 87.388,5 Kg.
- ↳ Os custos de interesse económico geral (CIEG) incluídos no Acesso às Redes correspondem a 5.698,58€, IVA não incluído.
- ↳ O total da fatura inclui o valor de 10.176,04 EUR sem IVA, correspondentes às Tarifas de Acesso à Rede.
- ↳ bBsq-Processado por programa certificado nº 2212/AT

**Atenção ao cliente: 808 50 20 50 (dias úteis) - Para mais informações consulte o site**

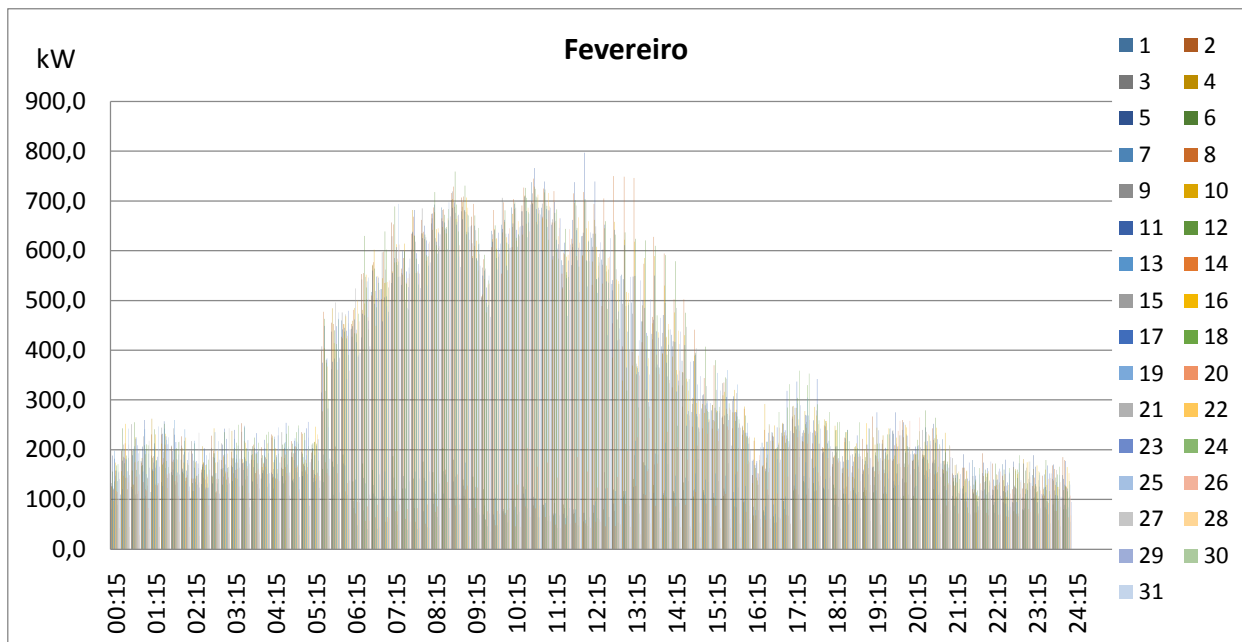
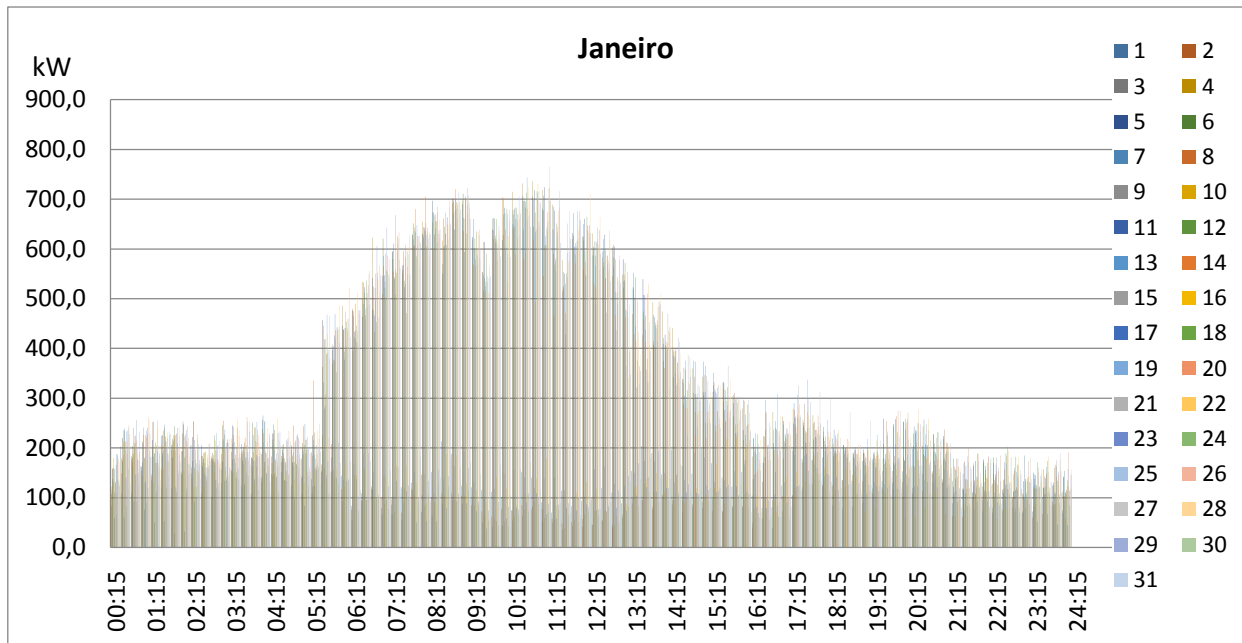

 Rua da Liberdade, 100 - 1.º andar - 4700-100 Beja - Portugal  
 Telefone: 808 50 20 50 - Fax: 808 50 20 51 - Email: info@upac.pt

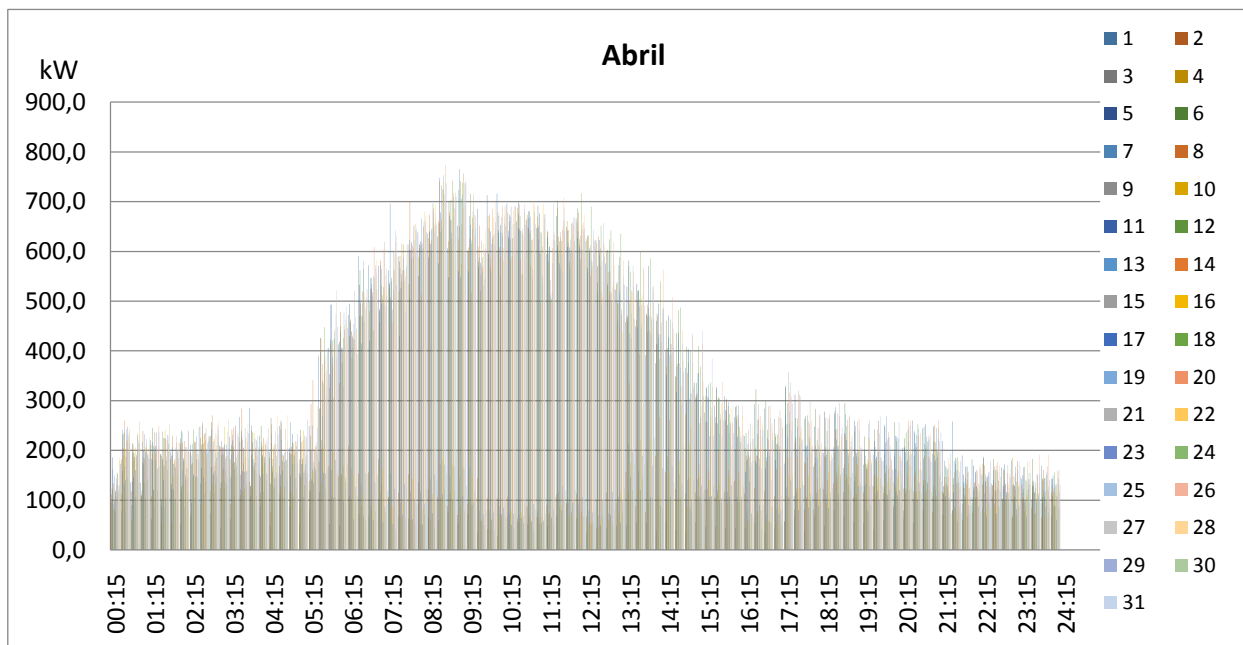
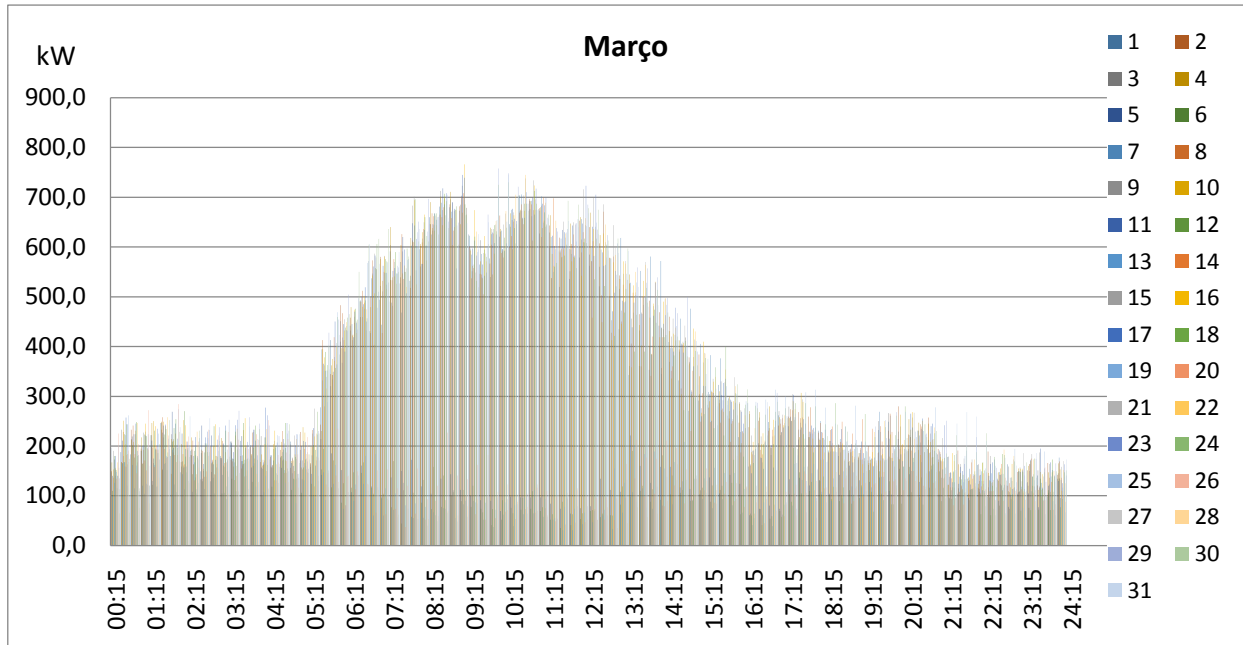

 Rua da Liberdade, 100 - 1.º andar - 4700-100 Beja - Portugal  
 Telefone: 808 50 20 50 - Fax: 808 50 20 51 - Email: info@upac.pt

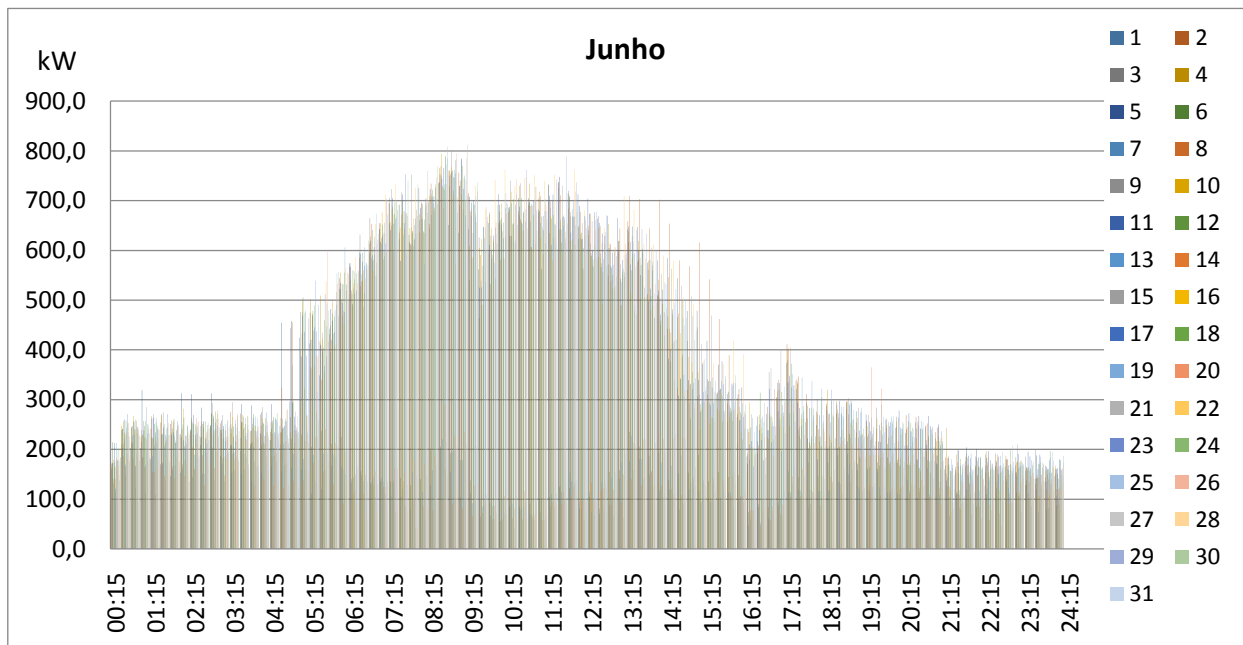
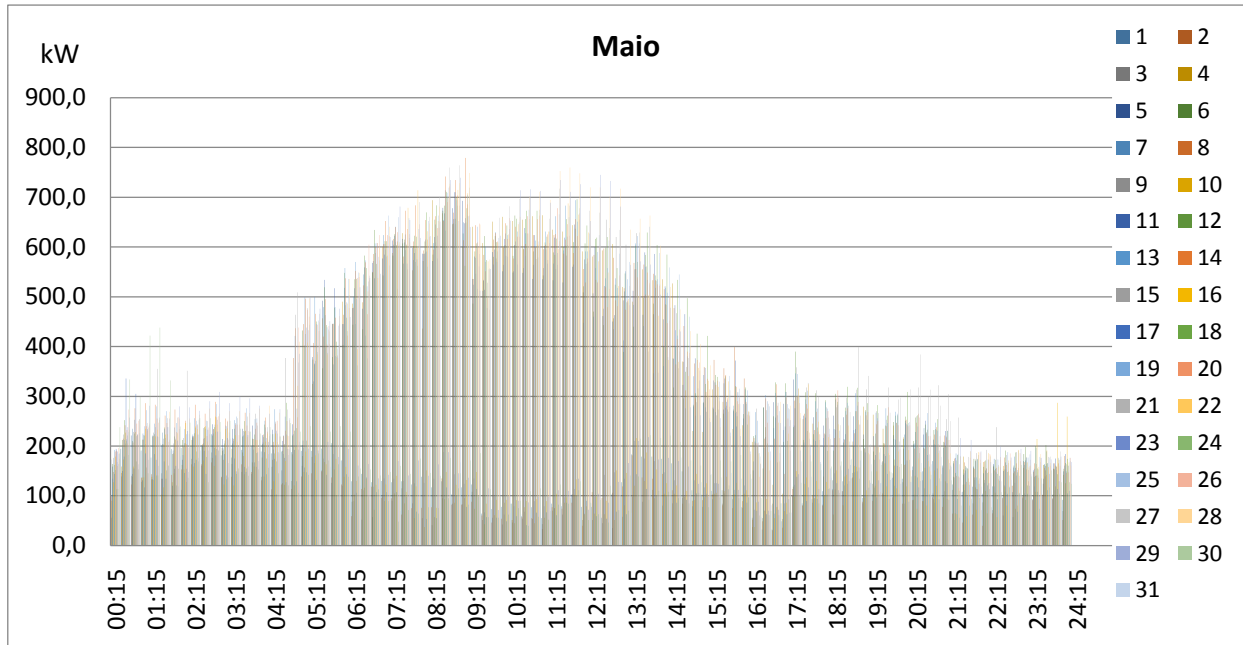

 www.upac.pt  
 info@upac.pt

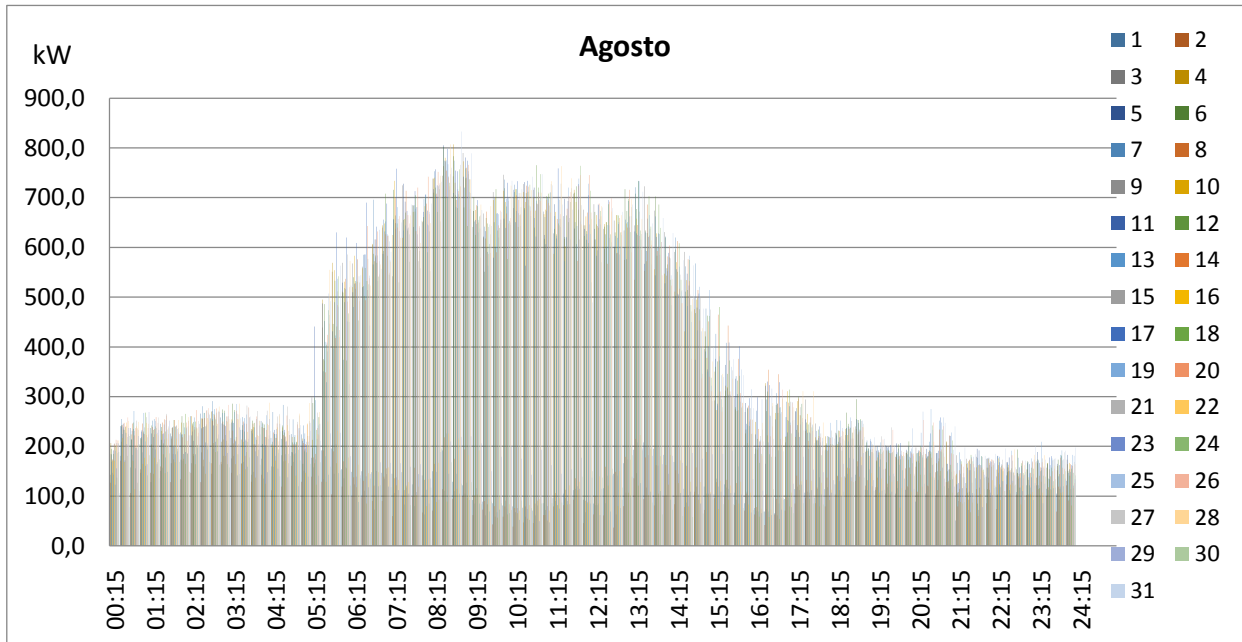
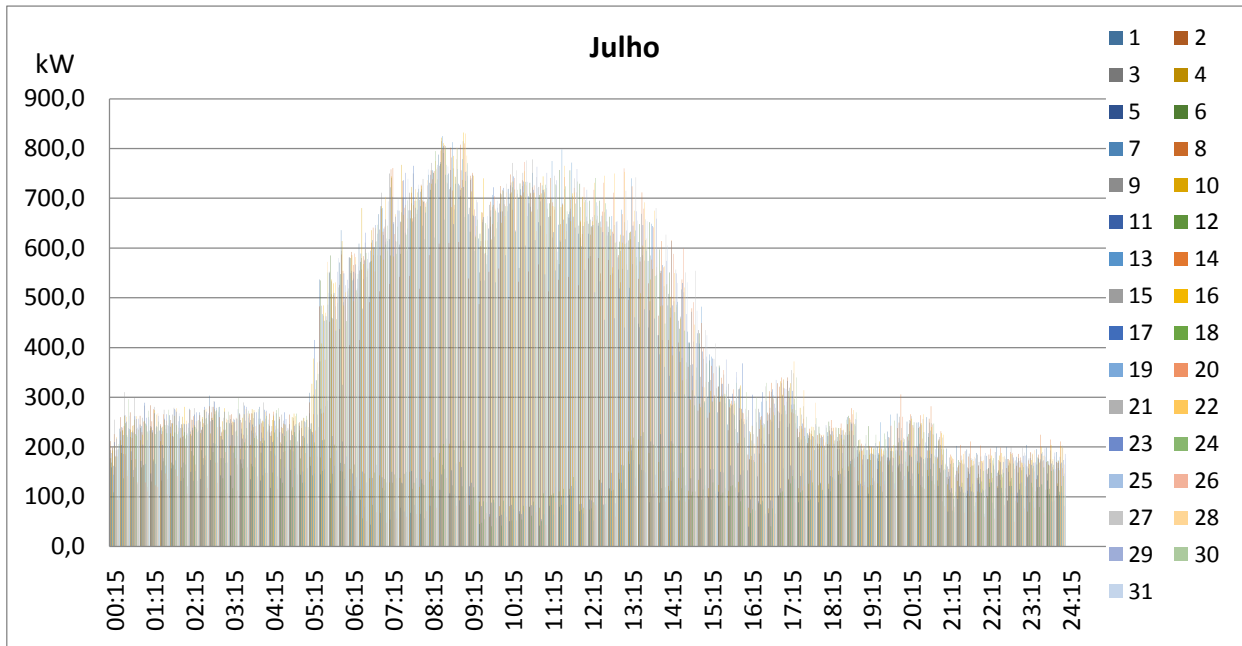


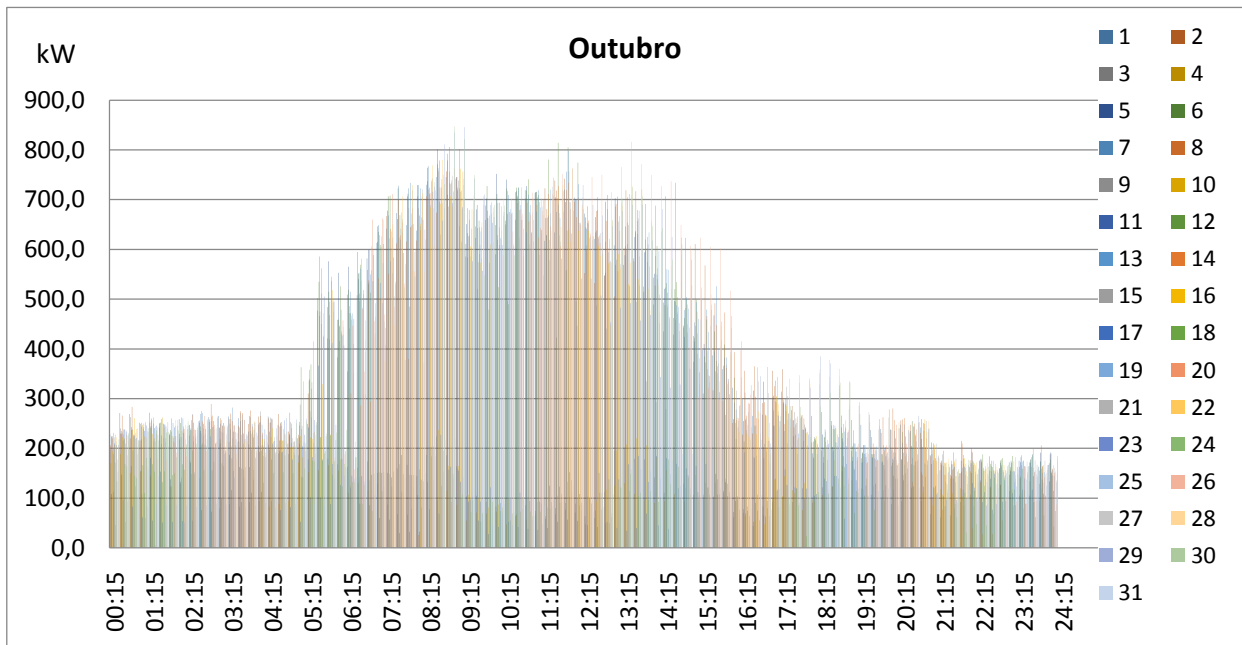
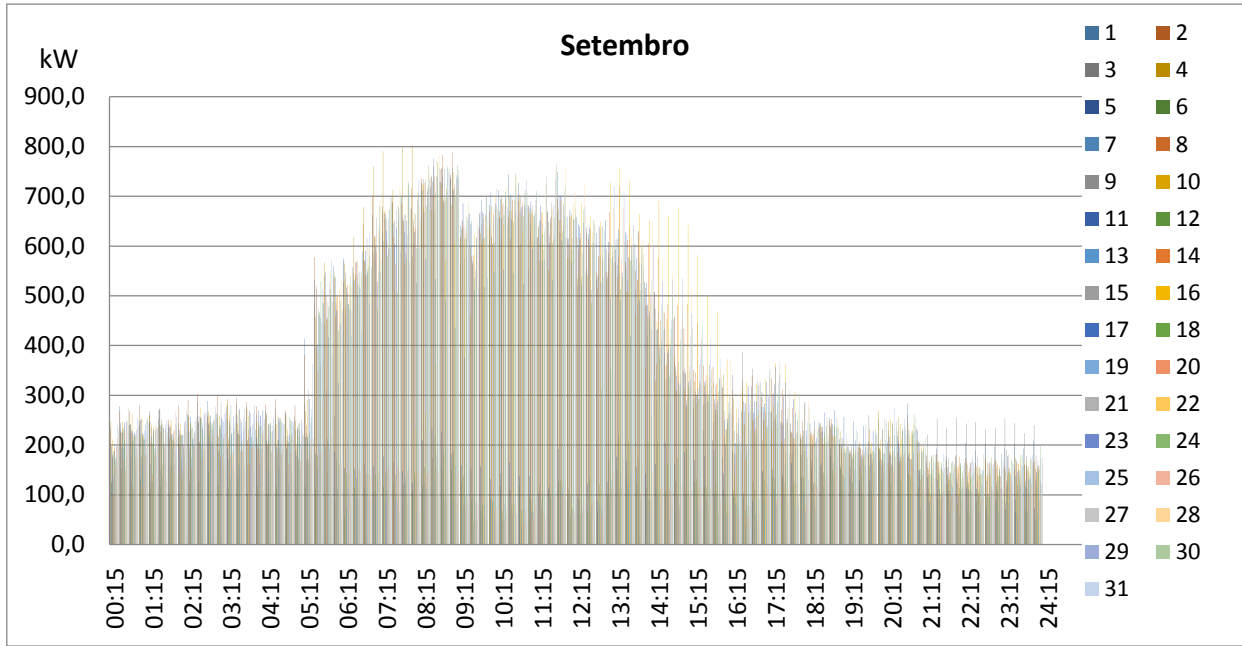
## 6.2 Diagrama de Cargas

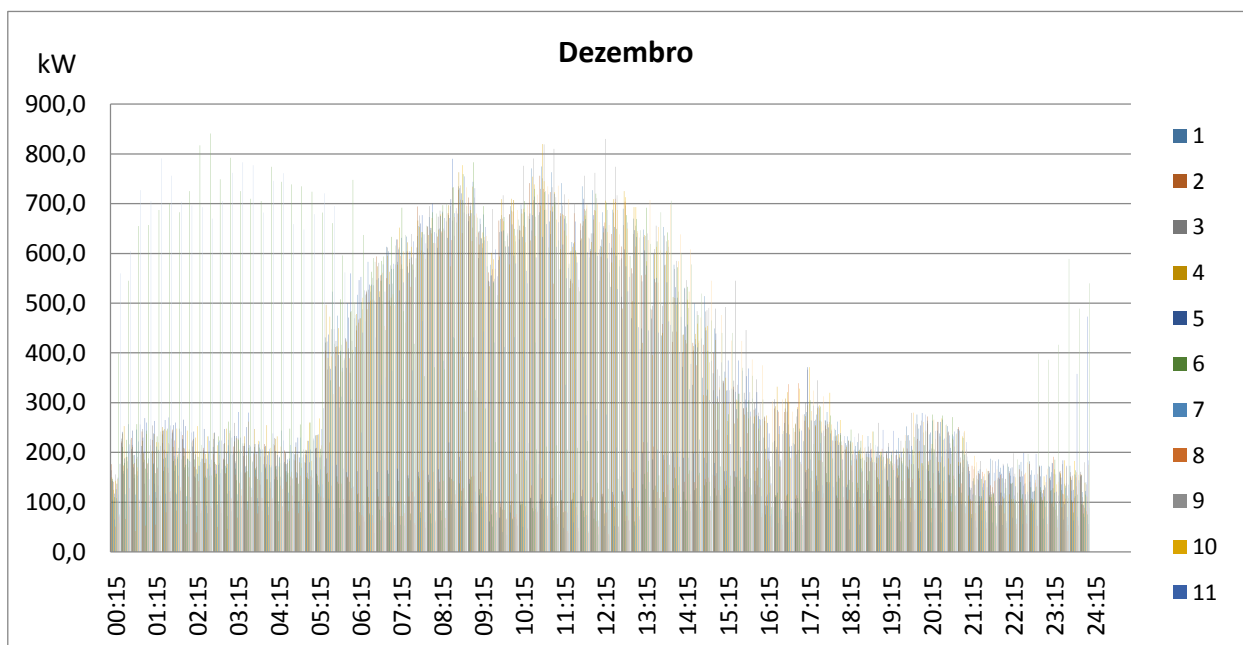
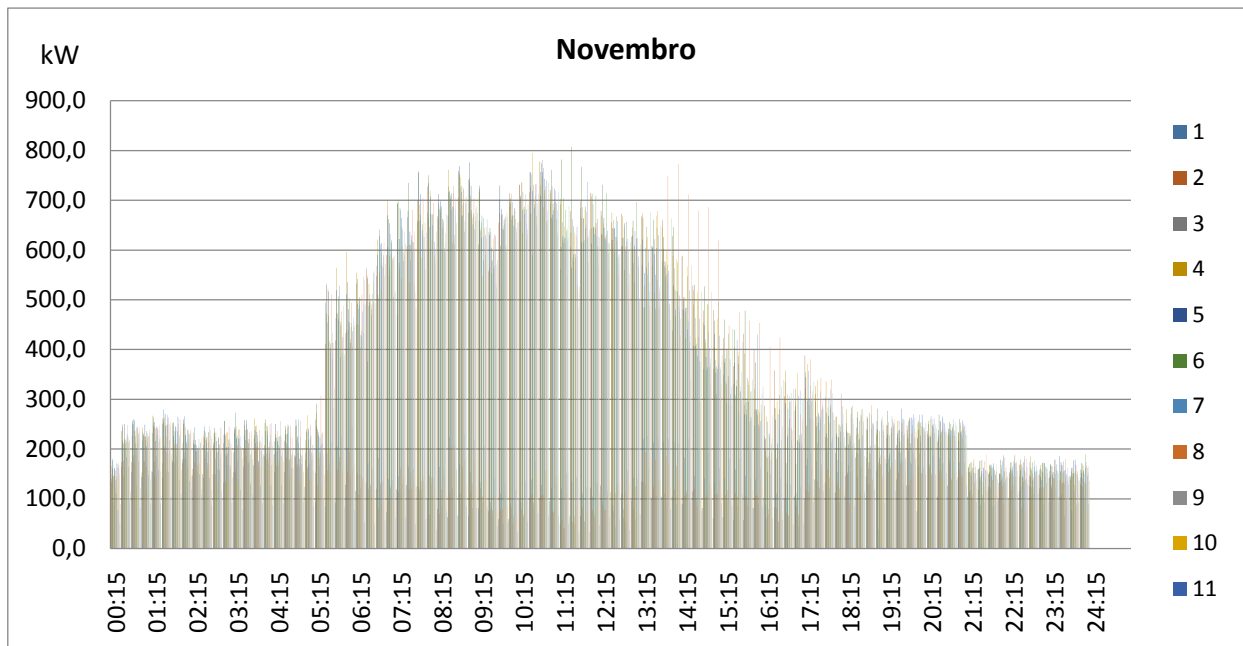












## 6.3 Radiâncias

### Legenda

G: Global irradiance on a fixed plane (W/m<sup>2</sup>)

G<sub>d</sub>: Diffuse irradiance on a fixed plane (W/m<sup>2</sup>)

G<sub>c</sub>: Global clear-sky irradiance on a fixed plane (W/m<sup>2</sup>)

DNI: Direct normal irradiance (W/m<sup>2</sup>)

DNI<sub>c</sub>: Clear-sky direct normal irradiance (W/m<sup>2</sup>)

A: Global irradiance on 2-axis tracking plane (W/m<sup>2</sup>)

A<sub>d</sub>: Diffuse irradiance on 2-axis tracking plane (W/m<sup>2</sup>)

A<sub>c</sub>: Global clear-sky irradiance on 2-axis tracking plane (W/m<sup>2</sup>)

## 6.3.1 Sul 30°

Results for:	January															
Inclination of plane:	30 deg.															
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.															
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac								
07:37	94	43	154	160	391	227	63	463								
07:52	141	65	236	205	500	303	94	609								
08:07	178	76	306	240	587	348	101	703								
08:22	214	86	375	268	655	384	108	777								
08:37	248	96	441	290	709	413	115	836								
08:52	279	104	504	308	753	437	120	883								
09:07	309	111	563	323	789	457	124	922								
09:22	336	118	618	335	819	474	128	954								
09:37	361	123	669	345	844	488	132	980								
09:52	384	128	715	354	864	500	135	1000								
10:07	404	132	757	361	882	510	137	1020								
10:22	422	136	794	367	896	518	139	1030								
10:37	437	139	826	372	908	524	141	1050								
10:52	450	141	853	376	917	530	142	1060								
11:07	460	143	875	379	925	534	143	1060								
11:22	468	144	891	381	930	537	144	1070								
11:37	473	145	902	382	934	539	144	1070								
11:52	476	146	907	383	935	540	145	1070								
12:07	476	146	907	383	935	540	145	1070								
12:22	473	145	902	382	934	539	144	1070								
12:37	468	144	891	381	930	537	144	1070								
12:52	460	143	875	379	925	534	143	1060								
13:07	450	141	853	376	917	530	142	1060								
13:22	437	139	826	372	908	524	141	1050								
13:37	422	136	794	367	896	518	139	1030								
13:52	404	132	757	361	882	510	137	1020								
14:07	384	128	715	354	864	500	135	1000								
14:22	361	123	669	345	844	488	132	980								
14:37	336	118	618	335	819	474	128	954								
14:52	309	111	563	323	789	457	124	922								
15:07	279	104	504	308	753	437	120	883								
15:22	248	96	441	290	709	413	115	836								
15:37	214	86	375	268	655	384	108	777								
15:52	178	76	306	240	587	348	101	703								
16:07	141	65	236	205	500	303	94	609								
16:22	94	43	154	160	391	227	63	463								
16:37	24	23	13	0	0	12	10	6								

Results for:	February										
Inclination of plane:	30 deg.										
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.										
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac			
07:07	88	43	112	185	348	264	75	424			
07:22	139	66	185	244	460	358	108	571			
07:37	185	80	254	292	550	419	119	672			
07:52	229	92	323	330	621	467	129	751			
08:07	273	104	391	360	678	507	137	815			
08:22	315	114	458	385	724	539	144	866			
08:37	355	123	523	405	763	566	149	908			
08:52	393	131	585	422	795	589	154	943			
09:07	429	138	643	437	823	608	158	972			
09:22	462	144	698	449	846	624	161	996			
09:37	492	149	749	460	866	637	163	1020			
09:52	520	154	795	469	882	648	165	1030			
10:07	545	158	837	476	897	657	167	1050			
10:22	566	161	874	483	909	665	168	1060			
10:37	585	163	907	488	918	671	169	1070			
10:52	601	165	934	492	926	675	170	1070			
11:07	614	167	955	495	933	679	170	1080			
11:22	623	168	972	498	937	682	171	1080			
11:37	629	169	983	499	940	684	171	1090			
11:52	632	169	988	500	942	684	171	1090			
12:07	632	169	988	500	942	684	171	1090			
12:22	629	169	983	499	940	684	171	1090			
12:37	623	168	972	498	937	682	171	1080			
12:52	614	167	955	495	933	679	170	1080			
13:07	601	165	934	492	926	675	170	1070			
13:22	585	163	907	488	918	671	169	1070			
13:37	566	161	874	483	909	665	168	1060			
13:52	545	158	837	476	897	657	167	1050			
14:07	520	154	795	469	882	648	165	1030			
14:22	492	149	749	460	866	637	163	1020			
14:37	462	144	698	449	846	624	161	996			
14:52	429	138	643	437	823	608	158	972			
15:07	393	131	585	422	795	589	154	943			
15:22	355	123	523	405	763	566	149	908			
15:37	315	114	458	385	724	539	144	866			
15:52	273	104	391	360	678	507	137	815			
16:07	229	92	323	330	621	467	129	751			
16:22	185	80	254	292	550	419	119	672			
16:37	139	66	185	244	460	358	108	571			
16:52	88	43	112	185	348	264	75	424			
17:07	24	24	14	0	0	12	10	7			

Results for:	March									
Inclination of plane:	30 deg.									
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.									
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac		
06:22	55	41	45	141	284	216	71	342		
06:37	98	66	97	201	404	332	125	510		
06:52	141	85	155	252	506	402	142	625		
07:07	186	103	219	292	586	458	157	715		
07:22	231	119	286	324	650	504	169	787		
07:37	276	134	354	350	703	541	179	846		
07:52	320	147	422	372	746	573	188	894		
08:07	362	159	489	390	783	599	195	933		
08:22	403	170	555	405	814	621	201	966		
08:37	441	179	619	419	841	640	207	993		
08:52	477	187	679	430	863	655	211	1020		
09:07	511	194	737	440	883	668	214	1040		
09:22	542	200	791	448	900	679	216	1050		
09:37	571	205	841	456	915	688	218	1060		
09:52	597	209	887	462	928	695	220	1080		
10:07	620	213	928	467	939	701	220	1080		
10:22	640	215	965	472	948	706	221	1090		
10:37	658	218	996	476	955	709	221	1100		
10:52	672	219	1020	479	961	712	221	1100		
11:07	684	221	1040	481	966	714	222	1110		
11:22	692	221	1060	483	970	716	221	1110		
11:37	698	222	1070	484	972	717	221	1110		
11:52	701	222	1080	485	973	717	221	1110		
12:07	701	222	1080	485	973	717	221	1110		
12:22	698	222	1070	484	972	717	221	1110		
12:37	692	221	1060	483	970	716	221	1110		
12:52	684	221	1040	481	966	714	222	1110		
13:07	672	219	1020	479	961	712	221	1100		
13:22	658	218	996	476	955	709	221	1100		
13:37	640	215	965	472	948	706	221	1090		
13:52	620	213	928	467	939	701	220	1080		
14:07	597	209	887	462	928	695	220	1080		
14:22	571	205	841	456	915	688	218	1060		
14:37	542	200	791	448	900	679	216	1050		
14:52	511	194	737	440	883	668	214	1040		
15:07	477	187	679	430	863	655	211	1020		
15:22	441	179	619	419	841	640	207	993		
15:37	403	170	555	405	814	621	201	966		
15:52	362	159	489	390	783	599	195	933		
16:07	320	147	422	372	746	573	188	894		
16:22	276	134	354	350	703	541	179	846		
16:37	231	119	286	324	650	504	169	787		
16:52	186	103	219	292	586	458	157	715		
17:07	141	85	155	252	506	402	142	625		
17:22	98	66	97	201	404	332	125	510		
17:37	42	41	20	0	0	21	18	10		
17:52	24	24	11	0	0	12	9			

Results for:	April										
Inclination of plane:	30 deg.										
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.										
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac			
05:52	49	48	24	0	0	270	96	445			
06:07	77	62	58	220	465	350	123	577			
06:22	112	78	108	261	552	407	138	675			
06:37	151	94	165	294	621	454	150	754			
06:52	191	108	226	321	678	493	161	817			
07:07	231	121	291	344	725	525	170	869			
07:22	271	133	356	362	764	553	178	912			
07:37	310	144	423	378	798	576	184	948			
07:52	349	154	489	392	828	595	190	978			
08:07	386	163	553	404	853	612	194	1000			
08:22	421	170	616	415	875	626	198	1020			
08:37	454	177	677	424	894	637	200	1040			
08:52	486	182	735	432	911	647	202	1060			
09:07	515	187	790	439	926	655	204	1070			
09:22	542	190	841	445	939	661	205	1080			
09:37	567	193	889	450	950	666	205	1090			
09:52	590	196	932	455	960	670	205	1090			
10:07	609	198	972	459	968	673	205	1100			
10:22	627	199	1010	462	975	675	204	1100			
10:37	642	200	1040	465	981	677	204	1110			
10:52	654	201	1060	467	986	678	203	1110			
11:07	664	201	1080	469	990	679	203	1110			
11:22	672	202	1100	470	993	680	202	1110			
11:37	677	202	1110	471	994	680	202	1110			
11:52	680	202	1110	472	995	680	202	1110			
12:07	680	202	1110	472	995	680	202	1110			
12:22	677	202	1110	471	994	680	202	1110			
12:37	672	202	1100	470	993	680	202	1110			
12:52	664	201	1080	469	990	679	203	1110			
13:07	654	201	1060	467	986	678	203	1110			
13:22	642	200	1040	465	981	677	204	1110			
13:37	627	199	1010	462	975	675	204	1100			
13:52	609	198	972	459	968	673	205	1100			
14:07	590	196	932	455	960	670	205	1090			
14:22	567	193	889	450	950	666	205	1090			
14:37	542	190	841	445	939	661	205	1080			
14:52	515	187	790	439	926	655	204	1070			
15:07	486	182	735	432	911	647	202	1060			
15:22	454	177	677	424	894	637	200	1040			
15:37	421	170	616	415	875	626	198	1020			
15:52	386	163	553	404	853	612	194	1000			
16:07	349	154	489	392	828	595	190	978			
16:22	310	144	423	378	798	576	184	948			
16:37	271	133	356	362	764	553	178	912			
16:52	231	121	291	344	725	525	170	869			
17:07	191	108	226	321	678	493	161	817			
17:22	151	94	165	294	621	454	150	754			
17:37	112	78	108	261	552	407	138	675			
17:52	77	62	58	220	465	350	123	577			
18:07	49	48	24	0	0	26	22	13			
18:22	33	33	16	0	0	16	14				

Results for:	May										
Inclination of plane:	30 deg.										
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.										
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac			
05:07	34	33	20	0	0	159	49	233			
05:22	49	48	28	0	0	263	95	378			
05:37	63	62	37	0	0	343	119	495			
05:52	77	68	49	262	464	407	136	589			
06:07	111	83	93	300	530	461	151	668			
06:22	149	97	143	332	586	506	163	734			
06:37	188	110	197	359	634	545	174	789			
06:52	229	123	255	382	676	578	183	836			
07:07	270	134	315	403	712	607	191	876			
07:22	311	145	375	420	743	632	197	910			
07:37	351	154	436	436	771	652	202	939			
07:52	391	163	497	450	795	670	206	963			
08:07	429	170	556	462	817	685	209	984			
08:22	466	177	614	473	836	698	211	1000			
08:37	501	182	669	483	853	708	213	1020			
08:52	534	187	722	491	868	716	213	1030			
09:07	564	191	773	499	882	723	214	1040			
09:22	593	194	820	505	893	729	213	1050			
09:37	619	196	863	511	904	733	213	1050			
09:52	643	198	903	516	913	736	212	1060			
10:07	664	200	939	520	920	738	210	1060			
10:22	683	201	971	524	927	740	209	1070			
10:37	699	202	999	527	933	741	208	1070			
10:52	712	202	1020	530	937	742	207	1070			
11:07	723	203	1040	532	941	743	206	1070			
11:22	731	203	1050	534	943	743	205	1070			
11:37	736	203	1060	535	945	743	205	1070			
11:52	739	203	1070	535	946	743	204	1070			
12:07	739	203	1070	535	946	743	204	1070			
12:22	736	203	1060	535	945	743	205	1070			
12:37	731	203	1050	534	943	743	205	1070			
12:52	723	203	1040	532	941	743	206	1070			
13:07	712	202	1020	530	937	742	207	1070			
13:22	699	202	999	527	933	741	208	1070			
13:37	683	201	971	524	927	740	209	1070			
13:52	664	200	939	520	920	738	210	1060			
14:07	643	198	903	516	913	736	212	1060			
14:22	619	196	863	511	904	733	213	1050			
14:37	593	194	820	505	893	729	213	1050			
14:52	564	191	773	499	882	723	214	1040			
15:07	534	187	722	491	868	716	213	1030			
15:22	501	182	669	483	853	708	213	1020			
15:37	466	177	614	473	836	698	211	1000			
15:52	429	170	556	462	817	685	209	984			
16:07	391	163	497	450	795	670	206	963			
16:22	351	154	436	436	771	652	202	939			
16:37	311	145	375	420	743	632	197	910			
16:52	270	134	315	403	712	607	191	876			
17:07	229	123	255	382	676	578	183	836			
17:22	188	110	197	359	634	545	174	789			
17:37	149	97	143	332	586	506	163	734			
17:52	111	83	93	300	530	461	151	668			
18:07	77	68	49	262	464	407	136	589			
18:22	63	62	37	0	0	343	119	495			
18:37	49	48	28	0	0	26	22	15			
18:52	34	33	20	0	0	17	14	10			
19:07	18	18	11	0	0	9	7				

Results for:	June															
Inclination of plane:	30 deg.															
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.															
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac								
04:52	31	30	20	0	0	192	53	247								
05:07	43	43	29	0	0	305	98	385								
05:22	55	54	37	0	0	389	119	494								
05:37	66	66	44	0	0	459	134	584								
05:52	82	65	62	360	523	517	147	660								
06:07	119	77	108	398	578	567	158	723								
06:22	160	88	158	430	625	610	167	778								
06:37	203	99	212	458	666	646	174	824								
06:52	247	110	268	483	701	678	180	864								
07:07	292	119	326	505	733	705	185	897								
07:22	336	128	385	524	760	728	189	926								
07:37	381	136	443	541	785	747	192	951								
07:52	424	143	502	556	807	764	193	972								
08:07	466	149	558	569	826	777	194	990								
08:22	507	154	614	581	843	789	194	1000								
08:37	546	158	667	591	859	798	194	1020								
08:52	583	162	718	601	872	806	193	1030								
09:07	618	165	766	609	885	812	192	1040								
09:22	650	168	811	617	895	817	190	1040								
09:37	680	170	853	623	905	821	189	1050								
09:52	707	171	891	629	913	823	187	1050								
10:07	731	173	926	634	920	826	185	1060								
10:22	752	173	956	638	926	827	183	1060								
10:37	771	174	983	642	932	828	181	1060								
10:52	786	174	1000	644	936	829	180	1060								
11:07	798	175	1020	647	939	829	178	1070								
11:22	808	175	1040	648	942	829	177	1070								
11:37	814	175	1050	650	943	829	177	1070								
11:52	817	175	1050	650	944	829	176	1070								
12:07	817	175	1050	650	944	829	176	1070								
12:22	814	175	1050	650	943	829	177	1070								
12:37	808	175	1040	648	942	829	177	1070								
12:52	798	175	1020	647	939	829	178	1070								
13:07	786	174	1000	644	936	829	180	1060								
13:22	771	174	983	642	932	828	181	1060								
13:37	752	173	956	638	926	827	183	1060								
13:52	731	173	926	634	920	826	185	1060								
14:07	707	171	891	629	913	823	187	1050								
14:22	680	170	853	623	905	821	189	1050								
14:37	650	168	811	617	895	817	190	1040								
14:52	618	165	766	609	885	812	192	1040								
15:07	583	162	718	601	872	806	193	1030								
15:22	546	158	667	591	859	798	194	1020								
15:37	507	154	614	581	843	789	194	1000								
15:52	466	149	558	569	826	777	194	990								
16:07	424	143	502	556	807	764	193	972								
16:22	381	136	443	541	785	747	192	951								
16:37	336	128	385	524	760	728	189	926								
16:52	292	119	326	505	733	705	185	897								
17:07	247	110	268	483	701	678	180	864								
17:22	203	99	212	458	666	646	174	824								
17:37	160	88	158	430	625	610	167	778								
17:52	119	77	108	398	578	567	158	723								
18:07	82	65	62	360	523	517	147	660								
18:22	66	66	44	0	0	459	134	584								
18:37	55	54	37	0	0	389	119	494								
18:52	43	43	29	0	0	305	98	385								
19:07	31	30	20	0	0	192	53	247								
19:22	18	18	12	0	0	9	7	6								

Results for:	July										
Inclination of plane:	30 deg.										
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.										
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac			
05:07	31	31	25	0	0	257	67	292			
05:22	42	41	34	0	0	371	102	421			
05:37	52	52	42	0	0	457	118	521			
05:52	66	51	58	389	473	530	132	605			
06:07	106	61	101	438	532	592	143	675			
06:22	149	72	150	480	583	644	152	735			
06:37	196	82	203	517	627	689	159	786			
06:52	245	91	259	548	666	727	165	830			
07:07	295	100	317	576	699	760	169	867			
07:22	346	108	375	600	729	788	172	899			
07:37	397	115	434	622	755	812	174	926			
07:52	446	122	492	641	778	832	175	950			
08:07	495	128	549	658	799	849	176	969			
08:22	543	133	605	673	818	864	175	986			
08:37	588	137	659	687	834	876	174	1000			
08:52	632	141	710	699	848	886	173	1010			
09:07	672	144	759	709	861	894	171	1020			
09:22	711	146	804	719	873	900	170	1030			
09:37	746	149	846	727	883	905	168	1040			
09:52	778	150	885	734	892	909	166	1040			
10:07	807	151	920	741	899	912	163	1040			
10:22	833	152	950	746	906	915	162	1050			
10:37	855	153	977	750	911	916	160	1050			
10:52	873	153	999	754	916	918	158	1050			
11:07	888	154	1020	757	919	919	157	1050			
11:22	900	154	1030	759	922	919	156	1050			
11:37	907	154	1040	761	924	920	155	1060			
11:52	911	154	1040	761	924	920	155	1060			
12:07	911	154	1040	761	924	920	155	1060			
12:22	907	154	1040	761	924	920	155	1060			
12:37	900	154	1030	759	922	919	156	1050			
12:52	888	154	1020	757	919	919	157	1050			
13:07	873	153	999	754	916	918	158	1050			
13:22	855	153	977	750	911	916	160	1050			
13:37	833	152	950	746	906	915	162	1050			
13:52	807	151	920	741	899	912	163	1040			
14:07	778	150	885	734	892	909	166	1040			
14:22	746	149	846	727	883	905	168	1040			
14:37	711	146	804	719	873	900	170	1030			
14:52	672	144	759	709	861	894	171	1020			
15:07	632	141	710	699	848	886	173	1010			
15:22	588	137	659	687	834	876	174	1000			
15:37	543	133	605	673	818	864	175	986			
15:52	495	128	549	658	799	849	176	969			
16:07	446	122	492	641	778	832	175	950			
16:22	397	115	434	622	755	812	174	926			
16:37	346	108	375	600	729	788	172	899			
16:52	295	100	317	576	699	760	169	867			
17:07	245	91	259	548	666	727	165	830			
17:22	196	82	203	517	627	689	159	786			
17:37	149	72	150	480	583	644	152	735			
17:52	106	61	101	438	532	592	143	675			
18:07	66	51	58	389	473	530	132	605			
18:22	52	52	42	0	0	457	118	521			
18:37	42	41	34	0	0	371	102	421			
18:52	31	31	25	0	0	16	14	13			
19:07	20	20	16	0	0	10	8				

Results for:	August									
Inclination of plane:	30 deg.									
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.									
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac		
05:37	34	34	25	0	0	323	86	377		
05:52	43	38	32	313	402	437	118	511		
06:07	80	51	72	380	488	520	132	610		
06:22	124	63	122	435	558	588	143	691		
06:37	172	74	177	480	616	644	152	757		
06:52	222	85	236	518	665	690	159	812		
07:07	274	95	298	550	706	729	165	858		
07:22	327	104	360	578	742	762	169	897		
07:37	380	112	424	602	772	789	172	929		
07:52	431	120	486	622	799	812	173	957		
08:07	482	127	548	641	823	831	174	980		
08:22	531	132	608	657	843	847	175	999		
08:37	579	137	666	671	861	861	174	1020		
08:52	623	142	721	683	877	872	173	1030		
09:07	665	145	773	694	891	881	172	1040		
09:22	705	148	822	704	904	888	171	1050		
09:37	741	150	868	712	914	894	169	1060		
09:52	774	152	909	720	924	898	167	1060		
10:07	804	154	947	726	932	902	165	1070		
10:22	830	155	980	731	939	904	163	1070		
10:37	853	156	1010	736	945	906	162	1080		
10:52	872	156	1030	739	949	908	160	1080		
11:07	887	157	1050	742	953	909	159	1080		
11:22	899	157	1070	744	956	910	158	1080		
11:37	907	157	1080	746	957	910	157	1080		
11:52	910	157	1080	747	958	910	157	1080		
12:07	910	157	1080	747	958	910	157	1080		
12:22	907	157	1080	746	957	910	157	1080		
12:37	899	157	1070	744	956	910	158	1080		
12:52	887	157	1050	742	953	909	159	1080		
13:07	872	156	1030	739	949	908	160	1080		
13:22	853	156	1010	736	945	906	162	1080		
13:37	830	155	980	731	939	904	163	1070		
13:52	804	154	947	726	932	902	165	1070		
14:07	774	152	909	720	924	898	167	1060		
14:22	741	150	868	712	914	894	169	1060		
14:37	705	148	822	704	904	888	171	1050		
14:52	665	145	773	694	891	881	172	1040		
15:07	623	142	721	683	877	872	173	1030		
15:22	579	137	666	671	861	861	174	1020		
15:37	531	132	608	657	843	847	175	999		
15:52	482	127	548	641	823	831	174	980		
16:07	431	120	486	622	799	812	173	957		
16:22	380	112	424	602	772	789	172	929		
16:37	327	104	360	578	742	762	169	897		
16:52	274	95	298	550	706	729	165	858		
17:07	222	85	236	518	665	690	159	812		
17:22	172	74	177	480	616	644	152	757		
17:37	124	63	122	435	558	588	143	691		
17:52	80	51	72	380	488	520	132	610		
18:07	43	38	32	313	402	437	118	511		
18:22	34	34	25	0	0	18	15	13		
18:37	23	22	16	0	0	11	9			

Results for:	September										
Inclination of plane:	30 deg.										
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.										
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac			
06:07	32	26	28	155	210	210	52	262			
06:22	68	43	68	236	319	338	97	418			
06:37	110	57	116	307	415	428	114	533			
06:52	156	70	172	365	494	502	128	626			
07:07	206	82	232	413	559	563	140	702			
07:22	257	94	295	453	612	614	149	764			
07:37	309	105	359	486	658	656	156	816			
07:52	360	114	424	515	696	691	162	860			
08:07	411	123	488	540	730	721	166	896			
08:22	460	131	550	561	758	746	169	927			
08:37	508	138	611	579	783	767	172	953			
08:52	553	144	669	595	805	784	173	975			
09:07	596	149	724	609	824	799	174	993			
09:22	635	153	775	622	840	811	175	1010			
09:37	672	157	823	632	855	821	175	1020			
09:52	706	160	867	641	867	830	174	1030			
10:07	736	162	906	649	878	836	174	1040			
10:22	763	164	941	656	887	842	173	1050			
10:37	786	166	972	661	894	846	172	1050			
10:52	805	167	997	666	900	849	172	1060			
11:07	820	168	1020	670	905	852	171	1060			
11:22	832	168	1030	672	909	854	170	1060			
11:37	840	169	1040	674	911	855	170	1060			
11:52	844	169	1050	675	912	855	170	1060			
12:07	844	169	1050	675	912	855	170	1060			
12:22	840	169	1040	674	911	855	170	1060			
12:37	832	168	1030	672	909	854	170	1060			
12:52	820	168	1020	670	905	852	171	1060			
13:07	805	167	997	666	900	849	172	1060			
13:22	786	166	972	661	894	846	172	1050			
13:37	763	164	941	656	887	842	173	1050			
13:52	736	162	906	649	878	836	174	1040			
14:07	706	160	867	641	867	830	174	1030			
14:22	672	157	823	632	855	821	175	1020			
14:37	635	153	775	622	840	811	175	1010			
14:52	596	149	724	609	824	799	174	993			
15:07	553	144	669	595	805	784	173	975			
15:22	508	138	611	579	783	767	172	953			
15:37	460	131	550	561	758	746	169	927			
15:52	411	123	488	540	730	721	166	896			
16:07	360	114	424	515	696	691	162	860			
16:22	309	105	359	486	658	656	156	816			
16:37	257	94	295	453	612	614	149	764			
16:52	206	82	232	413	559	563	140	702			
17:07	156	70	172	365	494	502	128	626			
17:22	110	57	116	307	415	428	114	533			
17:37	68	43	68	236	319	338	97	418			
17:52	28	28	22	0	0	14	12	11			
18:07	15	15	12	0	0	7	6				

Results for:	October												
Inclination of plane:	30 deg.												
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.												
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac					
06:52	74	42	84	166	294	242	72	367					
07:07	123	64	149	227	403	340	107	512					
07:22	168	80	213	278	493	407	122	616					
07:37	214	93	279	318	565	460	133	698					
07:52	259	106	346	351	623	505	143	765					
08:07	303	118	412	378	671	541	151	819					
08:22	346	128	477	401	711	571	158	864					
08:37	387	137	540	420	745	597	164	902					
08:52	426	145	600	436	774	618	169	933					
09:07	462	152	657	450	799	637	172	959					
09:22	496	158	711	462	820	652	175	981					
09:37	528	164	760	473	839	665	178	999					
09:52	556	168	806	481	854	675	180	1010					
10:07	581	172	847	489	867	684	181	1030					
10:22	604	175	883	495	879	691	182	1040					
10:37	623	177	915	500	888	697	183	1050					
10:52	639	179	941	505	895	701	183	1050					
11:07	652	181	963	508	901	705	184	1060					
11:22	662	182	979	510	906	707	184	1060					
11:37	668	183	990	512	908	709	184	1060					
11:52	672	183	995	513	910	710	184	1060					
12:07	672	183	995	513	910	710	184	1060					
12:22	668	183	990	512	908	709	184	1060					
12:37	662	182	979	510	906	707	184	1060					
12:52	652	181	963	508	901	705	184	1060					
13:07	639	179	941	505	895	701	183	1050					
13:22	623	177	915	500	888	697	183	1050					
13:37	604	175	883	495	879	691	182	1040					
13:52	581	172	847	489	867	684	181	1030					
14:07	556	168	806	481	854	675	180	1010					
14:22	528	164	760	473	839	665	178	999					
14:37	496	158	711	462	820	652	175	981					
14:52	462	152	657	450	799	637	172	959					
15:07	426	145	600	436	774	618	169	933					
15:22	387	137	540	420	745	597	164	902					
15:37	346	128	477	401	711	571	158	864					
15:52	303	118	412	378	671	541	151	819					
16:07	259	106	346	351	623	505	143	765					
16:22	214	93	279	318	565	460	133	698					
16:37	168	80	213	278	493	407	122	616					
16:52	123	64	149	227	403	340	107	512					
17:07	38	37	24	0	0	19	16	12					
17:22	24	24	15	0	0	12	10	7					

Results for:	November									
Inclination of plane:	30 deg.									
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.									
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac		
07:22	31	31	17	0	0	16	13	9		
07:37	119	54	184	197	443	291	90	543		
07:52	166	73	262	239	539	349	104	653		
08:07	205	85	331	273	614	392	112	736		
08:22	242	95	399	299	674	427	119	801		
08:37	277	104	463	321	722	455	125	853		
08:52	311	113	525	338	761	479	130	896		
09:07	342	120	583	353	793	498	135	931		
09:22	371	126	638	365	821	515	139	960		
09:37	397	132	689	375	844	529	142	984		
09:52	421	137	735	383	863	540	145	1000		
10:07	443	141	776	391	879	550	147	1020		
10:22	461	144	813	397	892	558	149	1030		
10:37	478	147	845	401	903	564	150	1040		
10:52	491	149	872	405	912	569	152	1050		
11:07	502	151	893	408	919	573	152	1060		
11:22	510	153	910	411	924	576	153	1060		
11:37	516	153	920	412	928	578	154	1070		
11:52	518	154	926	413	929	579	154	1070		
12:07	518	154	926	413	929	579	154	1070		
12:22	516	153	920	412	928	578	154	1070		
12:37	510	153	910	411	924	576	153	1060		
12:52	502	151	893	408	919	573	152	1060		
13:07	491	149	872	405	912	569	152	1050		
13:22	478	147	845	401	903	564	150	1040		
13:37	461	144	813	397	892	558	149	1030		
13:52	443	141	776	391	879	550	147	1020		
14:07	421	137	735	383	863	540	145	1000		
14:22	397	132	689	375	844	529	142	984		
14:37	371	126	638	365	821	515	139	960		
14:52	342	120	583	353	793	498	135	931		
15:07	311	113	525	338	761	479	130	896		
15:22	277	104	463	321	722	455	125	853		
15:37	242	95	399	299	674	427	119	801		
15:52	205	85	331	273	614	392	112	736		
16:07	166	73	262	239	539	349	104	653		
16:22	119	54	184	197	443	291	90	543		
16:37	77	37	114	146	329	203	54	386		
16:52	19	19	11	0	0	9	8			

Results for:	December											
Inclination of plane:	30 deg.											
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.											
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac				
07:52	118	49	198	192	459	272	76	543				
08:07	165	69	281	234	558	338	98	667				
08:22	201	79	350	267	636	378	104	750				
08:37	236	88	417	292	697	410	110	815				
08:52	268	96	480	313	745	436	115	867				
09:07	298	103	539	329	784	457	119	909				
09:22	326	109	594	342	816	475	123	943				
09:37	352	115	644	354	843	490	126	971				
09:52	375	120	691	363	865	502	129	994				
10:07	395	124	732	370	883	513	131	1010				
10:22	413	127	769	377	898	521	133	1030				
10:37	429	130	801	382	910	528	134	1040				
10:52	442	133	828	386	920	533	136	1050				
11:07	452	134	849	389	928	538	137	1060				
11:22	460	136	866	392	933	541	137	1060				
11:37	465	137	876	393	937	543	138	1070				
11:52	468	137	882	394	939	544	138	1070				
12:07	468	137	882	394	939	544	138	1070				
12:22	465	137	876	393	937	543	138	1070				
12:37	460	136	866	392	933	541	137	1060				
12:52	452	134	849	389	928	538	137	1060				
13:07	442	133	828	386	920	533	136	1050				
13:22	429	130	801	382	910	528	134	1040				
13:37	413	127	769	377	898	521	133	1030				
13:52	395	124	732	370	883	513	131	1010				
14:07	375	120	691	363	865	502	129	994				
14:22	352	115	644	354	843	490	126	971				
14:37	326	109	594	342	816	475	123	943				
14:52	298	103	539	329	784	457	119	909				
15:07	268	96	480	313	745	436	115	867				
15:22	236	88	417	292	697	410	110	815				
15:37	201	79	350	267	636	378	104	750				
15:52	165	69	281	234	558	338	98	667				
16:07	118	49	198	192	459	272	76	543				
16:22	77	33	126	145	345	192	45					

## 6.3.2 Sul 15°

Results for:	January										
Inclination of plane:	15 deg.										
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.										
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac			
07:37	67	38	91	160	391	227	63	463			
07:52	103	57	151	205	500	303	94	609			
08:07	134	68	206	240	587	348	101	703			
08:22	164	78	262	268	655	384	108	777			
08:37	193	87	316	290	709	413	115	836			
08:52	221	95	369	308	753	437	120	883			
09:07	247	102	420	323	789	457	124	922			
09:22	271	108	468	335	819	474	128	954			
09:37	294	114	513	345	844	488	132	980			
09:52	314	118	554	354	864	500	135	1000			
10:07	333	123	592	361	882	510	137	1020			
10:22	349	126	625	367	896	518	139	1030			
10:37	363	129	654	372	908	524	141	1050			
10:52	375	131	679	376	917	530	142	1060			
11:07	385	133	700	379	925	534	143	1060			
11:22	393	135	716	381	930	537	144	1070			
11:37	398	136	727	382	934	539	144	1070			
11:52	401	136	733	383	935	540	145	1070			
12:07	401	136	734	383	935	540	145	1070			
12:22	400	136	731	382	934	539	144	1070			
12:37	396	135	723	381	930	537	144	1070			
12:52	389	134	710	379	925	534	143	1060			
13:07	381	132	692	376	917	530	142	1060			
13:22	370	130	669	372	908	524	141	1050			
13:37	357	127	642	367	896	518	139	1030			
13:52	342	124	611	361	882	510	137	1020			
14:07	324	120	575	354	864	500	135	1000			
14:22	304	115	536	345	844	488	132	980			
14:37	282	110	492	335	819	474	128	954			
14:52	258	104	445	323	789	457	124	922			
15:07	233	97	395	308	753	437	120	883			
15:22	205	89	343	290	709	413	115	836			
15:37	176	80	287	268	655	384	108	777			
15:52	145	70	230	240	587	348	101	703			
16:07	113	59	173	205	500	303	94	609			
16:22	74	40	108	160	391	227	63	463			
16:37	25	25	14	0	0	12	10	6			

Results for:	February														
Inclination of plane:	15 deg.														
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.														
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac							
07:07	64	39	71	185	348	264	75	424							
07:22	107	59	128	244	460	358	108	571							
07:37	145	72	183	292	550	419	119	672							
07:52	183	84	241	330	621	467	129	751							
08:07	221	95	299	360	678	507	137	815							
08:22	258	104	357	385	724	539	144	866							
08:37	294	113	414	405	763	566	149	908							
08:52	328	121	469	422	795	589	154	943							
09:07	360	127	521	437	823	608	158	972							
09:22	390	133	570	449	846	624	161	996							
09:37	418	139	616	460	866	637	163	1020							
09:52	443	143	659	469	882	648	165	1030							
10:07	466	147	697	476	897	657	167	1050							
10:22	487	150	731	483	909	665	168	1060							
10:37	504	152	761	488	918	671	169	1070							
10:52	519	154	787	492	926	675	170	1070							
11:07	531	156	808	495	933	679	170	1080							
11:22	541	157	824	498	937	682	171	1080							
11:37	547	158	835	499	940	684	171	1090							
11:52	551	159	842	500	942	684	171	1090							
12:07	552	159	843	500	942	684	171	1090							
12:22	550	159	840	499	940	684	171	1090							
12:37	545	158	831	498	937	682	171	1080							
12:52	537	157	818	495	933	679	170	1080							
13:07	526	156	800	492	926	675	170	1070							
13:22	513	154	777	488	918	671	169	1070							
13:37	497	151	750	483	909	665	168	1060							
13:52	478	149	718	476	897	657	167	1050							
14:07	456	145	681	469	882	648	165	1030							
14:22	432	141	641	460	866	637	163	1020							
14:37	405	136	597	449	846	624	161	996							
14:52	376	130	549	437	823	608	158	972							
15:07	344	124	497	422	795	589	154	943							
15:22	311	116	443	405	763	566	149	908							
15:37	275	108	387	385	724	539	144	866							
15:52	238	98	328	360	678	507	137	815							
16:07	199	87	269	330	621	467	129	751							
16:22	160	76	209	292	550	419	119	672							
16:37	120	62	151	244	460	358	108	571							
16:52	74	41	88	185	348	264	75	424							
17:07	26	26	16	0	0	12	10	7							

Results for:	March														
Inclination of plane:	15 deg.														
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.														
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac							
06:22	48	41	32	141	284	216	71	342							
06:37	87	65	76	201	404	332	125	510							
06:52	126	83	126	252	506	402	142	625							
07:07	166	100	182	292	586	458	157	715							
07:22	207	115	241	324	650	504	169	787							
07:37	248	129	302	350	703	541	179	846							
07:52	288	142	363	372	746	573	188	894							
08:07	327	153	424	390	783	599	195	933							
08:22	364	164	484	405	814	621	201	966							
08:37	400	173	542	419	841	640	207	993							
08:52	433	180	597	430	863	655	211	1020							
09:07	465	187	650	440	883	668	214	1040							
09:22	494	193	700	448	900	679	216	1050							
09:37	521	198	747	456	915	688	218	1060							
09:52	545	202	789	462	928	695	220	1080							
10:07	567	205	828	467	939	701	220	1080							
10:22	586	208	863	472	948	706	221	1090							
10:37	602	210	893	476	955	709	221	1100							
10:52	616	212	918	479	961	712	221	1100							
11:07	628	213	939	481	966	714	222	1110							
11:22	637	214	956	483	970	716	221	1110							
11:37	643	215	967	484	972	717	221	1110							
11:52	646	215	973	485	973	717	221	1110							
12:07	647	215	975	485	973	717	221	1110							
12:22	645	215	972	484	972	717	221	1110							
12:37	641	215	963	483	970	716	221	1110							
12:52	634	214	950	481	966	714	222	1110							
13:07	624	213	932	479	961	712	221	1100							
13:22	612	212	909	476	955	709	221	1100							
13:37	596	210	882	472	948	706	221	1090							
13:52	579	207	850	467	939	701	220	1080							
14:07	558	204	814	462	928	695	220	1080							
14:22	535	201	773	456	915	688	218	1060							
14:37	510	196	729	448	900	679	216	1050							
14:52	482	191	681	440	883	668	214	1040							
15:07	451	184	629	430	863	655	211	1020							
15:22	418	176	574	419	841	640	207	993							
15:37	383	168	517	405	814	621	201	966							
15:52	346	158	458	390	783	599	195	933							
16:07	307	146	397	372	746	573	188	894							
16:22	267	134	335	350	703	541	179	846							
16:37	225	119	273	324	650	504	169	787							
16:52	183	104	211	292	586	458	157	715							
17:07	141	87	152	252	506	402	142	625							
17:22	100	69	98	201	404	332	125	510							
17:37	45	45	21	0	0	21	18	10							
17:52	26	26	12	0	0	12	9	5							

Results for:	April													
Inclination of plane:	15 deg.													
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.													
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac						
05:52	47	43	23	169	357	270	96	445						
06:07	84	66	68	220	465	350	123	577						
06:22	118	82	115	261	552	407	138	675						
06:37	155	96	169	294	621	454	150	754						
06:52	192	110	226	321	678	493	161	817						
07:07	230	123	286	344	725	525	170	869						
07:22	268	135	347	362	764	553	178	912						
07:37	305	145	409	378	798	576	184	948						
07:52	341	155	470	392	828	595	190	978						
08:07	375	163	530	404	853	612	194	1000						
08:22	409	170	589	415	875	626	198	1020						
08:37	440	176	646	424	894	637	200	1040						
08:52	469	181	700	432	911	647	202	1060						
09:07	497	186	751	439	926	655	204	1070						
09:22	522	189	799	445	939	661	205	1080						
09:37	546	192	844	450	950	666	205	1090						
09:52	567	194	885	455	960	670	205	1090						
10:07	586	196	923	459	968	673	205	1100						
10:22	603	197	956	462	975	675	204	1100						
10:37	617	198	985	465	981	677	204	1110						
10:52	629	199	1010	467	986	678	203	1110						
11:07	639	200	1030	469	990	679	203	1110						
11:22	647	200	1050	470	993	680	202	1110						
11:37	652	200	1060	471	994	680	202	1110						
11:52	655	200	1060	472	995	680	202	1110						
12:07	656	201	1060	472	995	680	202	1110						
12:22	654	201	1060	471	994	680	202	1110						
12:37	651	201	1050	470	993	680	202	1110						
12:52	645	200	1040	469	990	679	203	1110						
13:07	636	200	1020	467	986	678	203	1110						
13:22	626	200	1000	465	981	677	204	1110						
13:37	613	199	975	462	975	675	204	1100						
13:52	597	198	945	459	968	673	205	1100						
14:07	580	196	910	455	960	670	205	1090						
14:22	560	194	871	450	950	666	205	1090						
14:37	537	192	828	445	939	661	205	1080						
14:52	513	188	782	439	926	655	204	1070						
15:07	486	184	732	432	911	647	202	1060						
15:22	458	179	680	424	894	637	200	1040						
15:37	427	173	624	415	875	626	198	1020						
15:52	394	166	566	404	853	612	194	1000						
16:07	360	158	506	392	828	595	190	978						
16:22	324	149	445	378	798	576	184	948						
16:37	287	139	383	362	764	553	178	912						
16:52	249	127	321	344	725	525	170	869						
17:07	210	114	260	321	678	493	161	817						
17:22	172	101	200	294	621	454	150	754						
17:37	134	86	144	261	552	407	138	675						
17:52	97	69	92	220	465	350	123	577						
18:07	53	53	26	0	0	26	22	13						
18:22	36	36	18	0	0	16	14	8						

Results for:	May																
Inclination of plane:	15 deg.																
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.																
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac									
05:07	36	36	21	0	0	159	49	233									
05:22	53	52	31	0	0	263	95	378									
05:37	69	61	45	217	384	343	119	495									
05:52	100	76	83	262	464	407	136	589									
06:07	135	90	127	300	530	461	151	668									
06:22	172	104	177	332	586	506	163	734									
06:37	210	117	230	359	634	545	174	789									
06:52	249	129	285	382	676	578	183	836									
07:07	289	140	342	403	712	607	191	876									
07:22	328	150	399	420	743	632	197	910									
07:37	366	159	457	436	771	652	202	939									
07:52	403	167	514	450	795	670	206	963									
08:07	439	174	570	462	817	685	209	984									
08:22	474	180	624	473	836	698	211	1000									
08:37	507	185	677	483	853	708	213	1020									
08:52	538	189	727	491	868	716	213	1030									
09:07	567	193	775	499	882	723	214	1040									
09:22	594	195	819	505	893	729	213	1050									
09:37	619	198	861	511	904	733	213	1050									
09:52	641	199	899	516	913	736	212	1060									
10:07	661	201	933	520	920	738	210	1060									
10:22	679	202	964	524	927	740	209	1070									
10:37	695	202	991	527	933	741	208	1070									
10:52	708	203	1010	530	937	742	207	1070									
11:07	719	203	1030	532	941	743	206	1070									
11:22	727	203	1050	534	943	743	205	1070									
11:37	733	204	1060	535	945	743	205	1070									
11:52	736	204	1060	535	946	743	204	1070									
12:07	737	204	1060	535	946	743	204	1070									
12:22	735	204	1060	535	945	743	205	1070									
12:37	731	204	1050	534	943	743	205	1070									
12:52	725	204	1040	532	941	743	206	1070									
13:07	716	204	1030	530	937	742	207	1070									
13:22	704	204	1010	527	933	741	208	1070									
13:37	690	203	982	524	927	740	209	1070									
13:52	674	203	954	520	920	738	210	1060									
14:07	655	202	921	516	913	736	212	1060									
14:22	634	200	886	511	904	733	213	1050									
14:37	610	198	846	505	893	729	213	1050									
14:52	584	196	803	499	882	723	214	1040									
15:07	556	192	757	491	868	716	213	1030									
15:22	526	188	709	483	853	708	213	1020									
15:37	494	183	657	473	836	698	211	1000									
15:52	460	178	604	462	817	685	209	984									
16:07	424	171	548	450	795	670	206	963									
16:22	387	163	491	436	771	652	202	939									
16:37	349	154	434	420	743	632	197	910									
16:52	309	144	375	403	712	607	191	876									
17:07	269	133	318	382	676	578	183	836									
17:22	230	121	261	359	634	545	174	789									
17:37	190	108	206	332	586	506	163	734									
17:52	152	94	154	300	530	461	151	668									
18:07	115	80	107	262	464	407	136	589									
18:22	81	64	65	217	384	343	119	495									
18:37	53	52	31	0	0	26	22	15									
18:52	36	36	21	0	0	17	14	10									
19:07	20	20	11	0	0	9	7	5									

Results for:	June																
Inclination of plane:	15 deg.																
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.																
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac									
04:52	33	33	22	0	0	192	53	247									
05:07	47	46	31	0	0	305	98	385									
05:22	54	50	36	264	383	389	119	494									
05:37	84	62	70	316	459	459	134	584									
05:52	119	74	111	360	523	517	147	660									
06:07	156	86	157	398	578	567	158	723									
06:22	197	97	206	430	625	610	167	778									
06:37	238	107	259	458	666	646	174	824									
06:52	281	117	314	483	701	678	180	864									
07:07	324	126	369	505	733	705	185	897									
07:22	366	134	425	524	760	728	189	926									
07:37	409	141	481	541	785	747	192	951									
07:52	450	147	536	556	807	764	193	972									
08:07	490	153	590	569	826	777	194	990									
08:22	528	158	642	581	843	789	194	1000									
08:37	565	162	693	591	859	798	194	1020									
08:52	600	165	741	601	872	806	193	1030									
09:07	633	168	787	609	885	812	192	1040									
09:22	663	170	830	617	895	817	190	1040									
09:37	691	172	870	623	905	821	189	1050									
09:52	717	173	906	629	913	823	187	1050									
10:07	740	174	939	634	920	826	185	1060									
10:22	761	175	969	638	926	827	183	1060									
10:37	779	175	994	642	932	828	181	1060									
10:52	794	175	1020	644	936	829	180	1060									
11:07	806	176	1030	647	939	829	178	1070									
11:22	816	176	1050	648	942	829	177	1070									
11:37	823	176	1060	650	943	829	177	1070									
11:52	827	176	1060	650	944	829	176	1070									
12:07	828	176	1060	650	944	829	176	1070									
12:22	826	176	1060	650	943	829	177	1070									
12:37	821	176	1050	648	942	829	177	1070									
12:52	813	176	1040	647	939	829	178	1070									
13:07	803	176	1030	644	936	829	180	1060									
13:22	790	176	1010	642	932	828	181	1060									
13:37	773	176	986	638	926	827	183	1060									
13:52	755	176	959	634	920	826	185	1060									
14:07	733	175	928	629	913	823	187	1050									
14:22	709	174	894	623	905	821	189	1050									
14:37	682	173	856	617	895	817	190	1040									
14:52	653	171	815	609	885	812	192	1040									
15:07	621	168	771	601	872	806	193	1030									
15:22	587	165	724	591	859	798	194	1020									
15:37	551	161	674	581	843	789	194	1000									
15:52	514	157	623	569	826	777	194	990									
16:07	474	151	569	556	807	764	193	972									
16:22	433	145	515	541	785	747	192	951									
16:37	391	138	459	524	760	728	189	926									
16:52	348	130	403	505	733	705	185	897									
17:07	305	122	346	483	701	678	180	864									
17:22	262	112	291	458	666	646	174	824									
17:37	219	101	237	430	625	610	167	778									
17:52	177	90	185	398	578	567	158	723									
18:07	138	78	136	360	523	517	147	660									
18:22	101	66	92	316	459	459	134	584									
18:37	68	53	55	264	383	389	119	494									
18:52	47	46	31	0	0	23	19	15									
19:07	33	33	22	0	0	16	13	10									
19:22	19	19	13	0	0	9	7	6									

Results for:									
July									
Inclination of plane: 15 deg.									
Orientation (azimuth) of plane: 0 deg.									
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac	
05:07	34	34	27	0	0	257	67	292	
05:22	45	45	37	0	0	371	102	421	
05:37	65	48	59	332	403	457	118	521	
05:52	101	58	97	389	473	530	132	605	
06:07	141	69	142	438	532	592	143	675	
06:22	184	79	190	480	583	644	152	735	
06:37	230	88	242	517	627	689	159	786	
06:52	277	97	296	548	666	727	165	830	
07:07	325	105	351	576	699	760	169	867	
07:22	373	113	407	600	729	788	172	899	
07:37	421	119	463	622	755	812	174	926	
07:52	469	125	518	641	778	832	175	950	
08:07	515	131	573	658	799	849	176	969	
08:22	560	135	625	673	818	864	175	986	
08:37	603	139	676	687	834	876	174	1000	
08:52	644	142	725	699	848	886	173	1010	
09:07	682	145	771	709	861	894	171	1020	
09:22	719	147	814	719	873	900	170	1030	
09:37	752	149	854	727	883	905	168	1040	
09:52	783	150	891	734	892	909	166	1040	
10:07	811	151	924	741	899	912	163	1040	
10:22	835	152	954	746	906	915	162	1050	
10:37	857	153	980	750	911	916	160	1050	
10:52	875	153	1000	754	916	918	158	1050	
11:07	890	153	1020	757	919	919	157	1050	
11:22	901	154	1030	759	922	919	156	1050	
11:37	909	154	1040	761	924	920	155	1060	
11:52	914	154	1050	761	924	920	155	1060	
12:07	915	154	1050	761	924	920	155	1060	
12:22	913	154	1050	761	924	920	155	1060	
12:37	907	154	1040	759	922	919	156	1050	
12:52	898	154	1030	757	919	919	157	1050	
13:07	885	154	1010	754	916	918	158	1050	
13:22	869	154	994	750	911	916	160	1050	
13:37	850	154	971	746	906	915	162	1050	
13:52	827	153	944	741	899	912	163	1040	
14:07	801	152	913	734	892	909	166	1040	
14:22	772	151	878	727	883	905	168	1040	
14:37	740	150	840	719	873	900	170	1030	
14:52	706	148	798	709	861	894	171	1020	
15:07	668	145	754	699	848	886	173	1010	
15:22	629	142	707	687	834	876	174	1000	
15:37	587	139	657	673	818	864	175	986	
15:52	542	134	605	658	799	849	176	969	
16:07	497	129	551	641	778	832	175	950	
16:22	450	124	496	622	755	812	174	926	
16:37	401	117	440	600	729	788	172	899	
16:52	353	110	384	576	699	760	169	867	
17:07	304	102	328	548	666	727	165	830	
17:22	256	93	273	517	627	689	159	786	
17:37	208	83	219	480	583	644	152	735	
17:52	163	73	168	438	532	592	143	675	
18:07	121	62	121	389	473	530	132	605	
18:22	83	51	79	332	403	457	118	521	
18:37	51	40	44	264	320	371	102	421	
18:52	34	34	27	0	0	16	14	13	
19:07	22	22	18	0	0	10	8	8	

Results for:	August											
Inclination of plane:	15 deg.											
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.											
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac				
05:37	37	37	27	0	0	323	86	377				
05:52	59	43	50	313	402	437	118	511				
06:07	97	55	92	380	488	520	132	610				
06:22	139	66	140	435	558	588	143	691				
06:37	185	77	193	480	616	644	152	757				
06:52	233	87	249	518	665	690	159	812				
07:07	282	97	307	550	706	729	165	858				
07:22	331	105	366	578	742	762	169	897				
07:37	381	113	425	602	772	789	172	929				
07:52	429	120	483	622	799	812	173	957				
08:07	477	126	541	641	823	831	174	980				
08:22	523	131	597	657	843	847	175	999				
08:37	567	136	652	671	861	861	174	1020				
08:52	609	139	704	683	877	872	173	1030				
09:07	649	143	753	694	891	881	172	1040				
09:22	686	145	799	704	904	888	171	1050				
09:37	720	147	842	712	914	894	169	1060				
09:52	751	149	881	720	924	898	167	1060				
10:07	780	150	917	726	932	902	165	1070				
10:22	805	151	949	731	939	904	163	1070				
10:37	827	152	977	736	945	906	162	1080				
10:52	845	153	1000	739	949	908	160	1080				
11:07	860	153	1020	742	953	909	159	1080				
11:22	872	153	1030	744	956	910	158	1080				
11:37	880	154	1040	746	957	910	157	1080				
11:52	885	154	1050	747	958	910	157	1080				
12:07	886	154	1050	747	958	910	157	1080				
12:22	884	154	1050	746	957	910	157	1080				
12:37	878	154	1040	744	956	910	158	1080				
12:52	869	154	1030	742	953	909	159	1080				
13:07	856	154	1010	739	949	908	160	1080				
13:22	840	154	993	736	945	906	162	1080				
13:37	820	153	967	731	939	904	163	1070				
13:52	797	152	938	726	932	902	165	1070				
14:07	770	151	905	720	924	898	167	1060				
14:22	741	150	868	712	914	894	169	1060				
14:37	708	148	827	704	904	888	171	1050				
14:52	673	146	782	694	891	881	172	1040				
15:07	634	143	735	683	877	872	173	1030				
15:22	593	139	684	671	861	861	174	1020				
15:37	550	135	631	657	843	847	175	999				
15:52	505	130	576	641	823	831	174	980				
16:07	458	124	518	622	799	812	173	957				
16:22	409	117	460	602	772	789	172	929				
16:37	360	110	400	578	742	762	169	897				
16:52	310	101	340	550	706	729	165	858				
17:07	260	92	281	518	665	690	159	812				
17:22	210	82	224	480	616	644	152	757				
17:37	163	71	168	435	558	588	143	691				
17:52	118	59	117	380	488	520	132	610				
18:07	77	47	72	313	402	437	118	511				
18:22	37	37	27	0	0	18	15	13				
18:37	25	24	18	0	0	11	9	8				

Results for:	September									
Inclination of plane:	15 deg.									
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.									
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNic	A	Ad	Ac		
06:07	30	26	25	155	210	210	52	262		
06:22	63	43	60	236	319	338	97	418		
06:37	101	56	104	307	415	428	114	533		
06:52	143	68	154	365	494	502	128	626		
07:07	188	80	208	413	559	563	140	702		
07:22	235	91	266	453	612	614	149	764		
07:37	282	101	324	486	658	656	156	816		
07:52	330	110	383	515	696	691	162	860		
08:07	376	118	442	540	730	721	166	896		
08:22	422	125	499	561	758	746	169	927		
08:37	465	132	555	579	783	767	172	953		
08:52	507	137	608	595	805	784	173	975		
09:07	547	142	659	609	824	799	174	993		
09:22	584	146	707	622	840	811	175	1010		
09:37	618	149	752	632	855	821	175	1020		
09:52	649	152	793	641	867	830	174	1030		
10:07	678	154	830	649	878	836	174	1040		
10:22	703	156	863	656	887	842	173	1050		
10:37	725	158	892	661	894	846	172	1050		
10:52	744	159	917	666	900	849	172	1060		
11:07	759	160	937	670	905	852	171	1060		
11:22	771	161	952	672	909	854	170	1060		
11:37	779	161	963	674	911	855	170	1060		
11:52	784	161	970	675	912	855	170	1060		
12:07	785	162	971	675	912	855	170	1060		
12:22	782	162	968	674	911	855	170	1060		
12:37	776	161	960	672	909	854	170	1060		
12:52	767	161	947	670	905	852	171	1060		
13:07	754	160	930	666	900	849	172	1060		
13:22	737	159	908	661	894	846	172	1050		
13:37	717	158	882	656	887	842	173	1050		
13:52	694	157	851	649	878	836	174	1040		
14:07	667	154	816	641	867	830	174	1030		
14:22	637	152	777	632	855	821	175	1020		
14:37	604	149	734	622	840	811	175	1010		
14:52	569	145	688	609	824	799	174	993		
15:07	530	141	638	595	805	784	173	975		
15:22	489	135	586	579	783	767	172	953		
15:37	446	129	531	561	758	746	169	927		
15:52	401	122	474	540	730	721	166	896		
16:07	354	114	415	515	696	691	162	860		
16:22	307	105	356	486	658	656	156	816		
16:37	258	95	296	453	612	614	149	764		
16:52	210	84	237	413	559	563	140	702		
17:07	163	72	180	365	494	502	128	626		
17:22	118	60	126	307	415	428	114	533		
17:37	77	46	78	236	319	338	97	418		
17:52	30	30	23	0	0	14	12	11		
18:07	16	16	12	0	0	7	6	6		

Results for:	October														
Inclination of plane:	15 deg.														
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.														
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac							
06:52	58	39	57	166	294	242	72	367							
07:07	99	60	109	227	403	340	107	512							
07:22	137	74	161	278	493	407	122	616							
07:37	177	87	217	318	565	460	133	698							
07:52	217	99	275	351	623	505	143	765							
08:07	256	110	333	378	671	541	151	819							
08:22	295	120	390	401	711	571	158	864							
08:37	332	128	446	420	745	597	164	902							
08:52	367	136	500	436	774	618	169	933							
09:07	400	143	552	450	799	637	172	959							
09:22	431	149	600	462	820	652	175	981							
09:37	460	154	646	473	839	665	178	999							
09:52	486	158	688	481	854	675	180	1010							
10:07	510	162	726	489	867	684	181	1030							
10:22	531	165	759	495	879	691	182	1040							
10:37	549	167	789	500	888	697	183	1050							
10:52	564	169	814	505	895	701	183	1050							
11:07	577	171	835	508	901	705	184	1060							
11:22	586	172	851	510	906	707	184	1060							
11:37	593	173	862	512	908	709	184	1060							
11:52	597	173	868	513	910	710	184	1060							
12:07	598	173	870	513	910	710	184	1060							
12:22	596	173	866	512	908	709	184	1060							
12:37	591	173	858	510	906	707	184	1060							
12:52	583	172	845	508	901	705	184	1060							
13:07	572	170	827	505	895	701	183	1050							
13:22	558	169	805	500	888	697	183	1050							
13:37	541	166	778	495	879	691	182	1040							
13:52	522	164	746	489	867	684	181	1030							
14:07	500	160	710	481	854	675	180	1010							
14:22	475	156	670	473	839	665	178	999							
14:37	447	151	627	462	820	652	175	981							
14:52	417	146	579	450	799	637	172	959							
15:07	384	139	529	436	774	618	169	933							
15:22	349	132	476	420	745	597	164	902							
15:37	313	123	420	401	711	571	158	864							
15:52	274	113	362	378	671	541	151	819							
16:07	234	103	304	351	623	505	143	765							
16:22	194	91	244	318	565	460	133	698							
16:37	152	77	186	278	493	407	122	616							
16:52	112	63	130	227	403	340	107	512							
17:07	41	41	26	0	0	19	16	12							
17:22	26	26	16	0	0	12	10	7							

Results for:	November									
Inclination of plane:	15 deg.									
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.									
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac		
07:22	34	33	19	0	0	16	13	9		
07:37	86	46	114	197	443	291	90	543		
07:52	125	65	177	239	539	349	104	653		
08:07	158	76	232	273	614	392	112	736		
08:22	190	86	288	299	674	427	119	801		
08:37	221	95	343	321	722	455	125	853		
08:52	250	103	396	338	761	479	130	896		
09:07	278	110	447	353	793	498	135	931		
09:22	304	116	495	365	821	515	139	960		
09:37	327	122	540	375	844	529	142	984		
09:52	349	127	582	383	863	540	145	1000		
10:07	369	131	619	391	879	550	147	1020		
10:22	386	134	653	397	892	558	149	1030		
10:37	401	137	682	401	903	564	150	1040		
10:52	414	139	707	405	912	569	152	1050		
11:07	425	141	728	408	919	573	152	1060		
11:22	433	142	743	411	924	576	153	1060		
11:37	438	143	754	412	928	578	154	1070		
11:52	441	144	761	413	929	579	154	1070		
12:07	442	144	762	413	929	579	154	1070		
12:22	440	144	759	412	928	578	154	1070		
12:37	436	143	750	411	924	576	153	1060		
12:52	429	142	737	408	919	573	152	1060		
13:07	420	140	720	405	912	569	152	1050		
13:22	409	138	697	401	903	564	150	1040		
13:37	395	135	670	397	892	558	149	1030		
13:52	378	132	639	391	879	550	147	1020		
14:07	360	128	603	383	863	540	145	1000		
14:22	339	124	564	375	844	529	142	984		
14:37	316	119	520	365	821	515	139	960		
14:52	290	112	473	353	793	498	135	931		
15:07	263	106	423	338	761	479	130	896		
15:22	234	98	370	321	722	455	125	853		
15:37	203	89	315	299	674	427	119	801		
15:52	170	79	258	273	614	392	112	736		
16:07	137	68	200	239	539	349	104	653		
16:22	96	49	135	197	443	291	90	543		
16:37	62	35	82	146	329	203	54	386		
16:52	21	21	12	0	0	9	8	5		

Results for:	December									
Inclination of plane:	15 deg.									
Orientation (azimuth) of plane:	0 deg.									
Time	G	Gd	Gc	DNI	DNIc	A	Ad	Ac		
07:52	81	42	117	192	459	272	76	543		
08:07	118	59	180	234	558	338	98	667		
08:22	149	69	234	267	636	378	104	750		
08:37	178	78	288	292	697	410	110	815		
08:52	206	86	341	313	745	436	115	867		
09:07	232	92	391	329	784	457	119	909		
09:22	257	99	438	342	816	475	123	943		
09:37	279	104	482	354	843	490	126	971		
09:52	300	109	523	363	865	502	129	994		
10:07	319	113	560	370	883	513	131	1010		
10:22	335	117	593	377	898	521	133	1030		
10:37	349	119	622	382	910	528	134	1040		
10:52	362	122	647	386	920	533	136	1050		
11:07	371	124	667	389	928	538	137	1060		
11:22	379	125	683	392	933	541	137	1060		
11:37	384	126	694	393	937	543	138	1070		
11:52	387	127	700	394	939	544	138	1070		
12:07	388	127	701	394	939	544	138	1070		
12:22	386	126	698	393	937	543	138	1070		
12:37	382	126	690	392	933	541	137	1060		
12:52	376	124	677	389	928	538	137	1060		
13:07	367	123	659	386	920	533	136	1050		
13:22	356	120	637	382	910	528	134	1040		
13:37	343	118	610	377	898	521	133	1030		
13:52	327	114	579	370	883	513	131	1010		
14:07	309	111	544	363	865	502	129	994		
14:22	290	106	505	354	843	490	126	971		
14:37	267	101	462	342	816	475	123	943		
14:52	243	95	416	329	784	457	119	909		
15:07	217	88	366	313	745	436	115	867		
15:22	190	80	314	292	697	410	110	815		
15:37	160	71	259	267	636	378	104	750		
15:52	129	62	203	234	558	338	98	667		
16:07	90	44	137	192	459	272	76	543		
16:22	59	31	84	145	345	192	45	393		

## 6.4 Exemplo de contrato de desempenho

ENTRE:

ESE, sociedade por quotas com sede no ....., com o capital de ..... (.....) com o número único de matrícula na Conservatória do Registo Comercial e de identificação de pessoa coletiva n.º ....., neste ato representada por ....., na qualidade de Gerentes, com poderes para o ato, doravante designada “ESE”

e

EMPRESA ABC, LDA., sociedade [anónima/por quotas] com sede em [localidade], na [morada], com o capital de € [em valor] (por extenso), com o número único de matrícula na Conservatória do Registo Comercial e de identificação de pessoa coletiva n.º [NIF/NIPC], neste ato representada por [nome completo de quem assina], na qualidade de [Administrador/Gerente/Representante Legal], com poderes para o ato, doravante designada “EMPRESA ABC”

Conjuntamente designadas por PARTES,

Considerando:

- a) Que a ESE possui competências profissionais no sector de Energia, desenvolvendo diversas atividades de consultoria, projeto, instalação, operação e manutenção de infraestruturas e equipamentos de Energia;
- b) Que a ESE presta, entre outros, serviços que compreendem o estudo, avaliação, desenvolvimento, financiamento, construção e exploração de medidas e soluções destinadas a reduzir a fatura energética de empresas e instituições mediante, nomeadamente, recurso a tecnologias de produção de energia renovável e de eficiência energética;
- c) Que a EMPRESA ABC é proprietária do edifício situado em [localidade], na [morada], onde pretende implementar medidas e soluções que promovam a redução da sua fatura energética;
- d) Que a EMPRESA ABC tem, nos termos do Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de Outubro, e outra legislação a tal respeito relevante, um registo de produção a que corresponde o pedido com a referência nº [nº de referência], relativo a uma Central Fotovoltaica para produção descentralizada de energia para autoconsumo (doravante “Central Fotovoltaica”).

e) Que, com o alcance conferido pelo Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de Outubro, as instalações da EMPRESA ABC sitas em [localidade], na [morada], dispõem de uma instalação de utilização de energia elétrica, sendo a EMPRESA ABC titular de contrato de compra e venda de eletricidade, celebrado com um comercializador;

f) Que a ESE já procedeu a uma análise de viabilidade de instalação de um sistema de produção descentralizada de energia para autoconsumo no edifício da EMPRESA ABC nos termos do projeto que constitui o Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE ao presente contrato;

g) Que a EMPRESA ABC pretende implementar o projeto proposto pela ESE no edifício acima identificado, nos termos do Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE do presente contrato (doravante “Projeto”);

É celebrado um Contrato de Produção de Energia para Autoconsumo que se rege pelas Cláusulas seguintes:

Cláusula Primeira  
(Objeto)

O presente contrato tem por objeto o desenvolvimento do Projeto identificado no Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE ao presente contrato, o seu financiamento e a partilha dos respetivos benefícios.

Cláusula 2.ª  
(Condição Suspensiva)

O presente contrato fica sujeito à verificação das seguintes condições:

a) Obtenção pela EMPRESA ABC de licença de produção descentralizada de energia, nos termos do Decreto-Lei nº153/2014 com vista a instalação da Central Fotovoltaica;

b) Emissão das licenças de construção, ao abrigo do regime municipal de obras particulares e/ou quaisquer outros dispositivos legais, quando aplicáveis.

Cláusula 3.ª  
(Obrigações da EMPRESA ABC)

A EMPRESA ABC obriga-se pelo presente contrato a:

a) Permitir o acesso aos locais onde serão instalados os equipamentos e prestados os serviços identificados no Projeto, constante do Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE, sempre que a ESE o entender conveniente;

- b) Permitir a construção, colocação ou instalação, em terrenos de sua propriedade, das infraestruturas, equipamentos e materiais necessários implementação, exploração e manutenção das soluções constantes do mencionado Projeto;
- c) Colaborar com a ESE na promoção dos procedimentos administrativos respeitantes à obtenção dos registos e das licenças de que dependa a exploração do Projeto, nomeadamente através da apresentação de informações e documentos ou do estabelecimento e participação em contactos com as autoridades competentes;
- d) Garantir que, de acordo com o alcance conferido pelo Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de Outubro, a potência de ligação da Central Fotovoltaica é igual ou inferior à potência contratada da EMPRESA ABC.
- e) Garantir que, com o alcance conferido pelo Decreto-Lei n.º 153/2014, de 20 de Outubro, a potência instalada não é superior ao dobro da potência de ligação da Central Fotovoltaica.
- f) Garantir os rácios referidos nos considerandos d) e e) durante todo o prazo do presente contrato.
- g) Consumir a totalidade da energia produzida pela Central Fotovoltaica e, quando as condições de funcionamento da EMPRESA ABC não o permitam, vender o excedente à rede do Sistema Elétrico de Serviço Público (doravante “RESP”).
- h) Colaborar com a ESE na obtenção, por esta, de quaisquer benefícios legais (incluindo fiscais) ou contratuais relacionados com a construção ou a exploração do Projeto, nomeadamente através da apresentação de informações e documentos ou do estabelecimento e participação em contactos com as entidades relevantes;
- i) Zelar pela segurança dos equipamentos construídos e instalados no âmbito do Projeto, vigiando a instalação com regularidade e praticando os atos necessários a impedir ou combater os atos de terceiros suscetíveis de causar dano;
- j) Garantir que as condições de acesso, as edificações, alterações de características e as atividades nas suas instalações não prejudicam as condições de exploração do Projeto;
- k) Facultar a utilização das suas instalações pela ESE para os fins previstos no presente contrato e ceder-lhe o respetivo uso em regime de comodato, pelo período de vigência do presente contrato;
- l) Manter e assegurar o cumprimento da legislação em vigor ao abrigo do Sistema de Certificação Energética e cumprir as respetivas obrigações, quando aplicável.

Cláusula 4.<sup>a</sup>  
(Obrigações da ESE)

A ESE obriga-se pelo presente contrato a, por si ou através de terceiros que para o efeito e a seu critério selecione:

- a) Elaborar os projetos de engenharia associados à implementação e exploração do Projeto, em termos compatíveis com as licenças concedidas para o efeito;
- b) Adquirir e financiar os equipamentos, serviços e empreitadas necessários à implementação e exploração do Projeto;
- c) Supervisionar e fiscalizar a receção dos equipamentos, serviços e empreitadas integrantes do Projeto, promovendo se necessário a realização de uma ou mais inspeções, com emissão do respetivo relatório, por parte das empresas responsáveis pela manutenção e operação dos equipamentos, de forma a atestar que estes são entregues em adequado estado de conservação e que as perdas de funcionamento e deteriorações que apresentam são decorrentes de uma exploração normal;
- d) Gerir o funcionamento e exploração da Central Fotovoltaica nos termos previstos no presente contrato;
- e) Proceder aos ensaios e arranque da exploração dos equipamentos e, após o respetivo arranque, assegurar a sua operação e manutenção, bem como o adequado estado de conservação dos equipamentos instalados, sem prejuízo da:
  - Deterioração decorrente de uma exploração normal;
  - Perda de eficiências e capacidades, tal como possam ser indicadas no Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE ao presente Contrato;
- f) Promover a realização de uma inspeção à central, com emissão de um relatório, por parte da empresa responsável pela manutenção e operação da central, de forma a atestar que a central é entregue em adequado estado de conservação e que as perdas de funcionamento e deteriorações que apresenta são decorrentes de uma exploração normal.
- g) Contratar e manter válida apólice de seguro multirriscos da Central Fotovoltaica durante todo o período de vigência do presente contrato;
- h) Elaborar um relatório anual de evolução do Projeto, com uma análise detalhada e tão desagregada quanto possível dos benefícios obtidos;

- i) No termo do presente contrato, assessorar a EMPRESA ABC na identificação das empresas que assegurem a operação e a manutenção dos equipamentos em condições comerciais competitivas;
- j) Suportar a totalidade do investimento previsto para o Projeto de acordo com o Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE.

Cláusula 5.<sup>a</sup>  
(Ponto de Receção)

1. A EMPRESA ABC obriga-se, durante a vigência do presente contrato, a assegurar a existência do ponto de receção da Central Fotovoltaica à RESP.
2. A EMPRESA ABC obriga-se ainda, no mesmo período, a assegurar o acesso da Central Fotovoltaica à RESP, através do ponto de receção, para efeitos da venda de eletricidade.

Cláusula 6.<sup>a</sup>  
(Propriedade dos Equipamentos)

1. Os equipamentos instalados no âmbito do Projeto que constitui o Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE ao presente contrato pertencerão ou serão propriedade da ESE durante o período de exploração previsto na Cláusula seguinte e eventuais prorrogações ao abrigo do disposto no presente Contrato.
2. No término da exploração, em conformidade com o disposto no número anterior, os equipamentos instalados pertencentes à ESE transmitir-se-ão a favor da EMPRESA ABC, mediante o pagamento pela EMPRESA ABC à ESE do montante de € [em valor] (por extenso), a título de valor residual.
3. Aos valores mencionados na presente cláusula, acresce IVA à taxa legal em vigor.

Cláusula 7.<sup>a</sup>  
(Duração da Exploração da Central Fotovoltaica)

1. Sujeita às prorrogações previstas no número seguinte e no n.º 4 da Cláusula 10.<sup>a</sup>, a exploração do Projeto pela ESE nos termos do presente contrato terá a duração de (prazo) (por extenso) meses a contar da data de início da produção de energia elétrica para autoconsumo pela Central Fotovoltaica.

2. Se, por motivos não imputáveis à ESE, a exploração do Projeto ficar impedida, no todo ou em parte, o prazo deste Contrato prorrogar-se-á por período equivalente ao tempo em que perdure o impedimento.

Cláusula 8.<sup>a</sup>  
(Partilha de Resultados)

1. Durante todo o período do presente contrato, os resultados da exploração do Projeto serão partilhados entre as PARTES, na proporção de [n.º] % (por extenso) para a ESE, e de [n.º] % (por extenso) para a EMPRESA ABC.

2. Tendo em conta que os resultados reais do Projeto podem ser distintos dos projetados no Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE ao presente Contrato, as PARTES acordam desde já que as proporções previstas no número anterior não se alteram.

3. A EMPRESA ABC pagará à ESE, de acordo com o número um da presente Cláusula, [valor] % (por extenso) do valor correspondente ao somatório dos produtos da energia produzida em cada período pelo respetivo valor de tarifário (€/kWh), de acordo com o ponto um da presente Cláusula.

4. Para efeitos do número anterior, a energia produzida em cada período tarifário é a que estiver registada no sistema de monitorização da Central Fotovoltaica.

5. O valor unitário do kWh a utilizar para valorização da energia produzida e consumida, descrito no número anterior, é determinado mensalmente com base na última fatura disponibilizada pelo comercializador de eletricidade.

6. Para efeitos do disposto nos números anteriores, a ESE comunicará até ao dia 15 de cada mês à EMPRESA ABC o resultado da exploração do Projeto do mês imediatamente anterior.

7. Após a comunicação referida no número anterior, a ESE faturará a EMPRESA ABC pelo valor do resultado de exploração que lhe couber, de acordo com a fórmula de partilha acordada nos termos do n.º 1 da presente Cláusula.

8. A EMPRESA ABC pagará a fatura emitida pela ESE no prazo máximo de 15 (quinze) dias após a receção da fatura emitida pela ESE.

9. Aos valores mencionados na presente cláusula, acresce IVA à taxa legal em vigor.

Cláusula 9.<sup>a</sup>  
(Propriedade dos Resultados)

Os resultados da exploração da Central Fotovoltaica, deduzidos de todas as despesas e encargos, serão propriedade da ESE, devendo esta, como gestora da instalação, apresentar as respetivas contas até ao dia 31 de Janeiro de cada ano.

Cláusula 10.ª  
(Alterações das Condições de Funcionamento)

1. Sem prejuízo do disposto no número três, a EMPRESA ABC, obriga-se a, caso se venham a verificar alterações temporárias ou permanentes às condições de funcionamento da Central Fotovoltaica, com impacto na rentabilidade do projeto, compensar a ESE pela diferença entre as economias reais e as expectáveis.
2. Constituem, designadamente, alterações relevantes para os efeitos do número anterior:
  - a) Perda pela EMPRESA ABC da licença de produção da energia elétrica para autoconsumo, na Central Fotovoltaica, por razões não imputáveis à ESE.
  - b) Verificação de redução na produção de energia elétrica pela Central Fotovoltaica causadas por sombreamentos ou obstruções, provisórias ou permanentes, provenientes de instalações da responsabilidade da EMPRESA ABC;
  - c) Não verificação dos rácios de consumo de energia referidos nas alíneas d) e e) da Cláusula 3.ª deste Contrato;
  - d) Impossibilidade de realizar o pedido de inspeção da central até ao dia [dia] de [mês] de [ano] por razões não imputáveis à ESE.
3. As compensações a que se refere o número um da presente Cláusula, corresponderão à diferença entre os proveitos esperados de acordo com o Anexo 1 - Proposta Técnica e Comercial da ESE e a produção real da Central Fotovoltaica, registada pelo sistema de monitorização ou, na sua ausência, pelo contador de produção, obtida pela ESE.
4. Ocorrendo, durante a vigência do presente contrato, alterações legislativas ou regulamentares que originem uma modificação das expectativas económicas da ESE ao abrigo deste mesmo contrato, expectativas essas permitidas pelos regimes presentemente em vigor, as PARTES comprometem-se a negociar, em boa-fé, prorrogar a exploração do Projeto pelo período necessário, por forma a assegurar a realização de tais expectativas.
5. Na ausência de acordo entre as PARTES, nos termos do número anterior, a ESE poderá resolver o presente contrato com efeitos imediatos.

Cláusula 11.<sup>a</sup>  
(Informação)

As PARTES assumem a obrigação de informarem imediatamente a outra contratante caso tenham conhecimento de qualquer circunstância ou evento que possa afetar o cumprimento das obrigações de cada uma das PARTES ou a prossecução das finalidades comuns previstas no presente Contrato.

Cláusula 12.<sup>a</sup>  
(Garantia Bancária)

1. [nº] (por extenso) dias após a data da assinatura do presente contrato, a EMPRESA ABC, para garantia do cumprimento pela sua parte de todas as obrigações pecuniárias decorrentes deste Contrato, entregará à ESE uma garantia bancária, executável à primeira solicitação (*on first demand*), caso se verifique da sua parte a falta de cumprimento de qualquer obrigação pecuniária decorrente do presente contrato.
2. O valor da garantia bancária mencionada no número anterior ascenderá a € [nº] (por extenso e corresponde ao valor total do investimento, não considerando imposto sobre valor acrescentado, no projeto por parte da ESE.
3. Anualmente, a EMPRESA ABC poderá substituir a garantia em vigor por uma de menor valor, deduzindo por cada ano decorrido [proporção do tempo equivalente a 1/prazo de contrato] do valor total inicial, ou seja, € [nº] (por extenso).

Cláusula 13.<sup>a</sup>  
(Mora no Pagamento)

Verificando-se por parte da EMPRESA ABC a falta de pagamento de alguma ou algumas das obrigações pecuniárias decorrentes do presente Contrato, designadamente do pagamento pontual previsto na Cláusula Sétima, fica a ESE com o direito de exigir o pagamento da prestação ou prestações em dívida ou vincendas, a que acrescerá uma penalização correspondente a 20% do respetivo montante.

Cláusula 14.<sup>a</sup>  
(Cessão da Posição Contratual)

1. A ESE está autorizada pela EMPRESA ABC a ceder a sua posição contratual, no todo ou em parte, a uma terceira entidade, desde que a entidade cessionária garanta o cumprimento de todos os deveres e obrigações que do presente contrato resultam para a cedente, aqui ESE.
2. Qualquer cessão de posição contratual será comunicada à EMPRESA ABC.

Cláusula 15.<sup>a</sup>  
(Incumprimento)

1. O incumprimento culposo do presente contrato por uma das PARTES dá à outra o direito de, a seu critério, exigir o cumprimento, suspender o contrato ou à sua resolução e, em qualquer caso, reclamar a indemnização dos danos sofridos, sem prejuízo do disposto no número seguinte.
2. A faculdade de resolução, com base no incumprimento de alguma obrigação, só pode ser exercida se a parte faltosa, depois de interpelada por escrito, não a cumprir no prazo de 8 (oito) dias, ou noutro maior, que for fixado na interpelação.

Cláusula 16.<sup>a</sup>  
(Vigência)

1. O presente contrato produz efeitos na data da sua assinatura e vigorará até que termine o prazo a que se refere a Cláusula 7.<sup>a</sup>, n.º 1, sem prejuízo do previsto no n.º 2 da mesma Cláusula e na Cláusula 10.<sup>a</sup>.
2. Salvo o expressamente disposto em contrário no presente contrato, nenhuma das PARTES a este poderá, sem o acordo da outra, pôr termo, antes de decorrido todo o prazo previsto no número anterior.

Cláusula 17.<sup>a</sup>  
(Efeitos da Cessaçã)

1. Terminando o presente contrato por qualquer motivo, vencer-se-ão todas as obrigações entre as PARTES.
2. Em caso de cessaçã do presente contrato antes de terminado o prazo a que se refere a Cláusula 7.<sup>a</sup>, por motivos imputáveis à EMPRESA ABC, este pagará à ESE uma indemnizaçã no montante correspondente a € [em valor] (por extenso);
3. O disposto na presente Cláusula não prejudica a aplicaçã da Cláusula 10.<sup>a</sup>.

Cláusula 18.<sup>a</sup>  
(Comunicações)

1. As comunicações que qualquer das PARTES deva dirigir à outra serão remetidas por fax ou por correio eletrónico e confirmadas por carta registada, enviada no mesmo dia ou no primeiro dia útil seguinte, para os seguintes endereços:

a) ESE

Att.: .....

Morada: .....

Telefone: .....

E-Mail: .....@ESE.pt

b) EMPRESA ABC

Att.: [nome do interlocutor]

Morada: [morada do interlocutor]

## 6.5 Exemplo de ficha técnica módulo solar



**GLOBAL SUN**

### Especificações Técnicas

## Módulos FV 60

## Células Policristalinas

#### Características Elétricas

Modelo	P240GSP	P245GSP	P250GSP	P255GSP
Potência máxima Pm (W)	240	245	250	255
Potência máxima voltagem Vm (V)	29.6	29.75	29.90	30.00
Potência máxima corrente Im (A)	8.2	8.30	8.45	8.55
Circuito aberto voltagem Voc (V)	37.35	37.50	37.75	38.00
Intensidade de corrente Isc (A)	8.75	8.85	8.95	9.00
Eficiência do módulo	14.7%	14.9%	15.2%	15.5%
Voltagem máxima do sistema	1000 (IEC) / 600 (UL)			
Tolerância de potência	+ 3%			

#### Componentes & Informação Mecânica

Vidro frontal	Vidro temperado de alta transparência, 4 mm - <b>Saint Gobain</b> (Albarino)
Caixa de junção	<b>Weidmuller</b> WM JB PVM, conector WM4 PV
Ligação	3 díodos - <b>Diotec</b> SK 3040
Cabos de saída	Hubert & Suhner Radox Smart 4mm <sup>2</sup> 2 aprovação IEC e UL
Conectores	<b>Weidmuller</b> WMK4 / IP67 IEC e UL
Moldura	Alumínio anodizado 6063-43
Material de encapsulamento	EVA (0.50 ± 0.03 mm de espessura)
Selante	Silicone <b>Dow Corning</b>
Temperatura	- 40 °C até + 90 °C
Resistência ao impacto	Bola de aço de 535 g a uma altura de 1.3 m

#### Sumário de Garantias

A garantia da Global Sun protege contra défices de performance e defeitos de fabrico que possam ocorrer em qualquer dos materiais constituintes do módulo.

### Technical Specifications

## FV 60 Modules

## Polycrystalline Cells

#### Electrical Characteristics

Model	P240GSP	P245GSP	P250GSP	P255GSP
Max Power Pm (W)	240	245	250	255
Max Power Voltage Vm (V)	29.6	29.75	29.90	30.00
Max Power Current Im (A)	8.2	8.30	8.45	8.55
Open-Circuit Voltage Voc (V)	37.35	37.50	37.75	38.00
Short-Circuit Current Isc (A)	8.75	8.85	8.95	9.00
Module Efficiency	14.7%	14.9%	15.2%	15.5%
Maximum System Voltage (V)	1000 (IEC) / 600 (UL)			
Power Tolerance	+ 3%			

#### Components & Mechanical Data

Frontal Glass	High Transparency Tempered Glass, 4mm - <b>Saint Gobain</b> (Albarino)
Junction Box	<b>Weidmuller</b> WM JB PVM, connector WM4 PV
Bypass Diode	3 diodes - <b>Diotec</b> SK 3040
Output Cables	Hubert & Suhner Radox Smart 4mm <sup>2</sup> 2 approval IEC and UL
Connectors	<b>Weidmuller</b> WMK4 / IP67 IEC and UL
Frame	Anodized aluminium alloy type 6063-43
Encapsulation Material	EVA (0.50 ± 0.03 mm thickness)
Sealant	Silicone <b>Dow Corning</b>
Temperature Range	-40 °C to + 90°C
Impact Resistance	Steel ball - 535 g dropped from 1.3m high

#### Warranty Summary

Global Sun's warranty protects against performance deficits and manufacturing defects that may occur in any constituent materials of the module.

#### GARANTIAS:

Garantia do produto: 10 anos



■ Garantia de performance  
■ Garantia standard

#### WARRANTIES:

Product warranty: 10 years



■ Performance warranty  
■ Standard warranty

**Especificações**

Células	Silício policristalino 156 mm x 156 mm
Número de células	60 (6x10)
Dimensões (mm)	1657 x 987 x 40
Peso (kg)	22.0

**Specifications**

Cells	Polycrystalline Silicon Solar Cells 156 mm x 156 mm
Number of cells	60 (6x10)
Dimensions (mm)	1657 x 987 x 40
Weight (Kg)	22.0

**Coefficientes de Temperatura**

<b>NOCT (°C)</b>	45 ± 2
Coefficiente de temperatura Isc (%/°C)	0.05 ± 0.01
Coefficiente de temperatura Voc (%/°C)	-0.32 ± 0.02
Coefficiente de temperatura Pm (%/°C)	-0.43 ± 0.05

**Temperature Coefficients**

<b>NOCT (°C)</b>	45 ± 2
Temperature Coefficient of Isc (%/°C)	0.05 ± 0.01
Temperature Coefficient of Voc (%/°C)	-0.32 ± 0.02
Temperature Coefficient of Pm (%/°C)	-0.43 ± 0.05

**Gráficos / Curves**

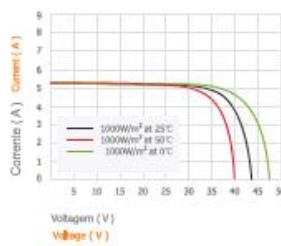
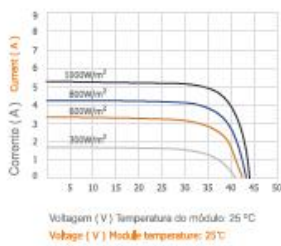


Imagem frontal  
Frontview

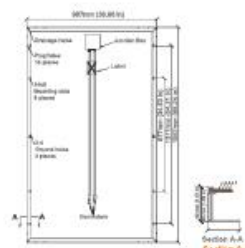


Imagem traseira  
Backview

**Notas**

- STC: Radiação 1000W/m², temperatura do módulo 25°C, AM = 1.5
- A temperatura da célula nominal de operação nos dados acima é apenas referência
- Desvio do Vm(V), Im(A), Voc (V) e Isc(A) de ± 10%

**Note**

- STC: Irradiance 1000W/m², Module temperature 25°C, AM = 1.5
- Nominal Operating Cell Temperature above data is only for reference
- Deviation of Vm(V), Im(A), Voc (V) and Isc(A) of ± 10%

**Certificações / Certifications:**



Julho, 2014 Revisão 00 MOD.73/GS  
**Toda a informação está sujeita a alterações sem aviso prévio.**

July, 2014 Revision 00 MOD.73/GS  
**All information is subject to change without notice.**



**GLOBAL SUN**  
 Lugar de Bouças - Gême  
 4730-180 Vila Verde  
 Braga - Portugal  
 1. +351 253 100 060  
 comercial@globalsun.pt  
 www.globalsun.pt





## 6.6 Exemplo de ficha técnica inversor

# String Inverter (33KTL)

---

## SUN2000-33KTL





### Smart

- Maximum of 3 MPPT for versatile adaption to different module types or quantities built up with different alignments
- Up to 6 strings intelligent monitoring and fault detection
- Wireless communication network
- LED status indication

### Efficient

- Maximum efficiency 98.6%
- European efficiency 98.3%

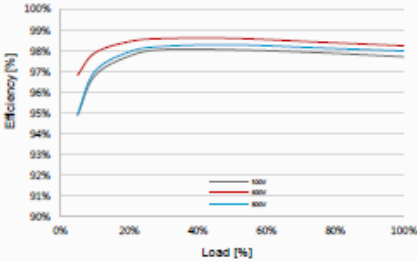
### Safe

- Type II DC and AC surge protection devices integrated
- Easy to handle with weight of 50kg by 2 people
- RCD protection function

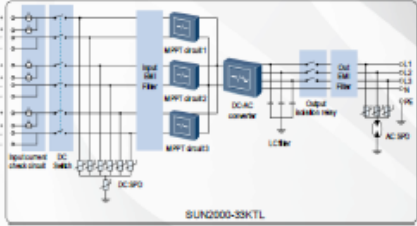
### Reliable

- Warranty up to 25 years
- No need of external fan with natural cooling technology
- Outdoor application of IP65

### Efficiency Curve



### Circuit Diagram



**Always Available for Highest Yields**

info.energyeu@huawei.com  
inverter@huawei.com  
Tel: 49 911 255 22 3053  
Tel: 800 0889977

## String Inverter (33KTL)



Technical Specifications	SUN2000-33KTL
	<b>Efficiency</b>
Max. efficiency	98.6%
European efficiency	98.3%
	<b>Input</b>
Max. DC input	33,800 W
Max. input voltage	1000 V
Max. input current per MPPT	23 A
Max. short circuit current per MPPT	32 A
Operating voltage range	200 V - 980 V
MPPT voltage range at full loading	480 V - 800 V
Rated input voltage	620 V
Max. number of inputs	6
Number of MPPT trackers	3
	<b>Output</b>
Rated AC output power	30,000 W
Max. apparent output power	33,000 VA <sup>*</sup>
Rated output voltage	220V - 230V, 3W+N+PE/ 380V - 400V, 3W+N+PE
AC power frequency	50 Hz / 60 Hz
Max. output current	48 A
Adjustable power factor	0.9 leading ... 0.9 lagging
Max. total harmonic distortion	< 3%
	<b>Protection</b>
Input-side disconnection device	Yes
Anti-islanding protection	Yes
AC over current protection	Yes
DC reverse-polarity protection	Yes
PV-array string fault monitoring	Yes
DC surge arresters	Type II
AC surge arresters	Type II
Insulation monitoring	Yes
Residual current detection	Yes
	<b>Display and Communication</b>
Display	LED indicators
RS485	Yes
USB	Yes
PLC	Optional
Bluetooth + APP	Yes
	<b>General Data</b>
Dimensions (W/H/D)	550 x 770 x 270 mm
Weight	50 kg
Operating temperature range	-25 °C to +60 °C
Cooling	Natural convection
Operating altitude	4000 m
Relative humidity (non-condensing)	0 - 100%
DC connector	Amphenol H4
AC connector	Waterproof PG terminal + OT connector
Degree of protection	IP65
Self-consumption at night	< 1 W
Topology	Transformerless
Noise emission	33 dB
Warranty	5 years, 10/15/20/25 years optional
	<b>Standards Compliance</b>
Safety/EMC	EN61000-6-2, EN61000-6-3, EN61000-3-11, EN61000-3-12, EN/IEC62109-1, EN/IEC62109-2
Grid Code	VDE-AR-N4105, VDE0126-1-1, BDEW 2008, Enel-Guideline, CEI 0-21, CEI 0-16, G59/3, G83/2, AS4777, CGC/GF004-2011, NB/T 32004-2013, UTE C 15-712-1, C10/11, IEC61727, IEC62116, RD1669, EN50438, MEA 2013, PEA 2013, GB/T 19964-2012

\* Max. Output 33kVA at 25 °C; output 30kVA at 40 °C

Always Available for Highest Yields

info.energys@huawei.com  
inverter@huawei.com  
Tel: 49 911 255 22 3053  
Tel: 800 0889977