



Instituto Politécnico
de Castelo Branco
Escola Superior
de Tecnologia

Dimensionamento de um Sistema Solar Fotovoltaico Para Autoconsumo para a empresa Movicol- Leiria

Artem Nikitin

Orientadora

Professora Adjunta Doutora Paula Cristina Alves Pereira

Julho 2024

Composição do júri

Presidente do júri

Pedro Miguel Baptista Torres

Professor Adjunto, da Escola Superior de Tecnologia

Arguente

António José Cerejo da Silva

Professor Adjunto, da Escola Superior de Tecnologia

Orientadora

Professora Adjunta Doutora Paula Cristina Alves Pereira

Professor Adjunto, da Escola Superior de Agrária

Agradecimentos

Presto um grande agradecimento a minha orientadora, Doutora Paula Cristina Alves Pereira, por todo o apoio e ajuda no desenvolvimento deste projeto que culmina agora com a apresentação deste relatório.

Agradeço a empresa Movicol por toda a informação cedida, por ter divulgado os dados das faturas de eletricidade, os diagramas de carga que permitiu uma maior aproximação dos resultados teóricos à realidade do local.

Quero agradecer à minha família, pelo apoio que me deram durante esta caminhada que por agora termina com a conclusão da licenciatura.

Resumo

Numa perspetiva atual de Portugal, e tendo em conta os últimos anos, temas como escassez e a forte dependência dos combustíveis fósseis, alterações climáticas, aquecimento global, emissão de gases com efeito de estufa, aliados à constante subida do custo de energia, mostram que é cada vez mais, necessário apostar em energias renováveis, como a energia fotovoltaica.

Este projeto tem o propósito de perceber e projetar um sistema que permita efetuar o fornecimento de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos para a empresa Movicol.

Inicialmente realizou-se uma investigação acerca da energia fotovoltaica, abordando o princípio de funcionamento, os equipamentos e os diversos sistemas. De seguida foi realizada uma avaliação ao local de instalação, tendo em conta a sua orientação, exposição solar e área disponível para a implantação. Foi apresentado o estudo das necessidades de energia elétrica da empresa a partir das faturas e de dados diários, de modo a obter um mapa anual de consumos médios. Obtendo valores das necessidades energéticas totais, dimensionou-se um sistema fotovoltaico, sendo descrito e analisado no capítulo correspondente. Para terminar, o sistema foi avaliado economicamente, relativamente em termos de custo de instalação e a sua rentabilidade energética futura.

Palavras-chave

Energia Fotovoltaica; Energias Renováveis; Energia Solar; Autoconsumo; Análise Económica.

Abstract

From a current perspective of Portugal, and taking into account recent years, issues such as scarcity and strong dependence on fossil fuels, climate change, global warming, emission of greenhouse gases, combined with the constant rise in energy costs, show that It is increasingly necessary to invest in renewable energy, such as photovoltaic energy.

This project aims to understand and design a system that allows the supply of electrical energy through photovoltaic panels for the company Movicol.

Initially, an investigation was carried out on photovoltaic energy, covering the operating principle, equipment and various systems. An assessment of the installation site was then carried out, taking into account its orientation, sun exposure and area available for implementation. The study of the company's electricity needs was presented based on invoices and daily data, in order to obtain an annual map of average consumption. Obtaining values for the total energy needs, a photovoltaic system was designed and described and analyzed in the corresponding chapter. Finally, the system was economically evaluated, relatively in terms of installation cost and its future energy profitability.

Keywords

Photovoltaics; Renewable energy; Solar energy; Self-consumption; Economic analysis.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Organização de trabalho	2
2	Componentes e Legislação	3
2.1	Energia Solar	3
2.1.1	Princípio de Funcionamento de Painel Fotovoltaico	4
2.1.2	Tipos de Painel Fotovoltaico	5
2.2	Inversor	9
2.3	UPAC Unidade de Produção para Autoconsumo	9
2.2	Legislação portuguesa	12
2.2	Tarifas em Portugal	14
3	Caso de Estudo	15
3.1	Apresentação da Empresa- Movicol	15
3.2	Análise de Consumos	16
3.3	Diagrama de carga	19
3.4	Dimensionamento do sistema de autoconsumo fotovoltaico	20
3.5	Painel fotovoltaico TRINA TSM-DE18M(II) 500WP	21
3.6	Inversor de rede HUAWEI SUN2000-50KTL-M3	23
3.7	Desenho do sistema	24
3.8	Cabos AC e DC	27
3.9	PVsys	30
3.10	PVsys simulação	33
3.11	Viabilidade económica	35
4	CONCLUSÃO	38
	Referências bibliográficas	39
	Anexos	41
Anexo I		41
Anexo II		43
Anexo III		45
Anexo IV		47
Anexo V		49
Anexo VI		54

Índice de Figuras

Figura 1	Peso das energias do consumo final em 2019 e 2021	1
Figura 2	Princípio de funcionamento painel fotovoltaico.....	4
Figura 3	diferença ente célula, modulo e painel fotovoltaico	5
Figura 4	Diferença na ligação em Série e Paralelo [5]	6
Figura 5	Painel solar monocristalino vs. policristalino	7
Figura 6	painéis Flexíveis ou de fotovoltaico orgânico	8
Figura 7	Esquema de ligação de UPAC.....	10
Figura 8	Processo de licenciamento de uma UPAC.....	10
Figura 9	Ciclo industrial diário	14
Figura 10-	Sede de Movicol	15
Figura 11	Localização da empresa	15
Figura 12	Imagem da fatura recebida.....	16
Figura 13	Ciclo diário de horário de Verão e Inverno.....	17
Figura 14	Diagrama de cara.....	19
Figura 15	Gráfico do Diagrama de carga mensal com media.....	19
Figura 16	Dimensões das células TRINAM TSM-DE18M(II) 500WP	22
Figura 17	Localização de painéis solares na empresa.....	24
Figura 18	Esquema de ligação dos painéis do edifício 2 ao inversor	26
Figura 19	Cabo DC	29
Figura 20	Cabo AC.....	29
Figura 21	Escolha de inclinação no PVsyst	30
Figura 22	Informação do Sistema de 45 kW.....	31
Figura 23	Relatório do Balanco e Produção na simulação.....	33
Figura 24	Diagrama de Perdas.....	34

Lista de tabelas

Tabela 1 Série versus Paralelo.....	6
Tabela 2 Pannel solar monocristalino versus policristalino	7
Tabela 3 Consumo de energia mensal em kWh	16
Tabela 4 Número de dias e horas de funcionamento de ponta e cheias cada mês..	17
Tabela 5 Número de horas de funcionamento de ponta e cheias cada mês	18
Tabela 6 Potência media [kW].....	18
Tabela 7 Quantidade de painéis fotovoltaicos a instalar.....	20
Tabela 8 Número de painéis por cada string	20
Tabela 9 Características TRINA TSM-DE18M(II) 500WP	21
Tabela 10 Características do inversor SUN2000-50KTL-M3 de 50kW	23
Tabela 11 Número de painéis por cada string.....	24
Tabela 12 cálculo de tensão V_{CA} e corrente I_{CC} para o sistema de 45KW	25
Tabela 13 Tabela de dados DC.....	27
Tabela 14 Tabela de dados AC.....	27
Tabela 15 cabos DC e AC escolhidos para o projeto.....	28
Tabela 16 Tabela de Excel com os dados horários de 1 janeiro	32
Tabela 17 Resultado da simulação no PVsyst.....	34
Tabela 18 Investimento no sistema.....	35
Tabela 19 locro de venda de energia e de utilização	36
Tabela 20 Gastos energéticos anuais	36
Tabela 21 Análise Financeira do Investimento.....	37

Lista da Siglas, Abreviaturas e Acrónimos

Sigla	Definição
AC	Corrente Alternada
BTE	Baixa Tensão Expecial
MT	Media Tensão
DC	Corrente Continua
DGEG	Direção-Geral de Energia e Geologia
ICC	Corrente em Curto-Circuito
I_{MPP}	Corrente Potência Máxima
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt-Hora
MPP	Ponto de Potência Máxima
MWh	Megawatt-Hora
RESP	Rede Elétrica de Serviço Publico
SEN	Sistema Elétrico Nacional
SERUP	Sistema Eletrónico de Registo de Unidades de Produção
STC	Standard Test Conditions
UPAC	Unidade de Produção para Autoconsumo
V_{CA}	Tensão em Circuito Aberto
V_{MPP}	Tensão Potência Máxima
W	Watt

Índice de Símbolos

η – Rendimento
% – Percentagem
€ – Euro

1 Introdução

1.1 Enquadramento

O projeto realizou-se no âmbito da conclusão da Licenciatura em Engenharia de Energias Renováveis e teve como objetivo de aplicar competências adquiridas com o desenvolvimento do mesmo em conjunto com os conhecimentos adquiridos nos últimos três anos.

No dia a dia queremos estar cada vez menos dependentes de recursos energéticos provenientes de recursos fósseis, que foram utilizados para o desenvolvimento e a sobrevivência do ser humano, desde revolução industrial até aos dias de hoje.

A energia produzida da exploração de recursos fósseis como carvão, petróleo e o gás natural levaram a fortes impactos ambientais, conhecidos como consequências de Gases de Efeito Estufa (GEE) que começaram a alterar o clima e biodiversidade do planeta. Desta forma, levando à consciencialização das pessoas destes produtos energéticos levando a inventar e a investir em formas mais estáveis e limpas.

A tecnologia que se encontra mais desenvolvida para o mercado é proveniente de painéis fotovoltaicos, nos nossos dias esta tecnologia é um alvo onde se aposta muito, tanto ao nível legislativo como ao nível do consumidor. Esta tecnologia permite ao consumidor ter um sistema de autoconsumo devido a produção pelos painéis fotovoltaicos. Desta forma o consumidor tem a possibilidade de reduzir o valor da sua fatura energética, tanto pela venda ou por autoconsumo. Na figura seguinte (fig1) verifica-se uma mudança progressiva a vertente de energia.

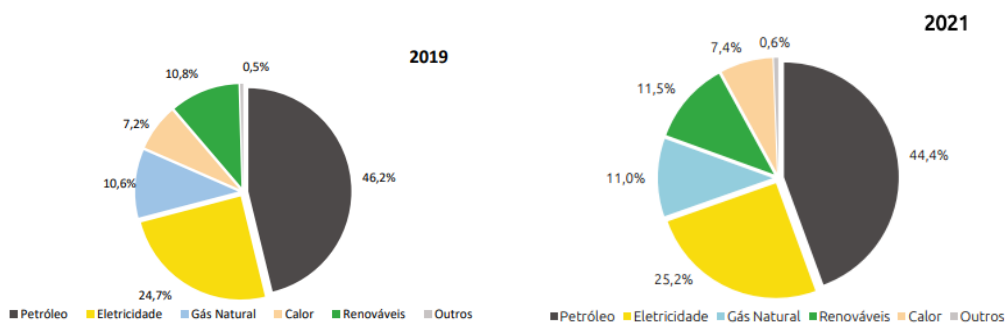


Figura 1 Peso das energias do consumo final em 2019 e 2021

O peso das energias renováveis em 2019 no consumo final representou 10.8 %, em 2021 houve um aumento de 1% conseguindo alcançar 11.5 % de produção de energia a partir de fontes renováveis [1].

Neste projeto pretende-se efetuar um dimensionamento e estudo económico de uma unidade de produção de autoconsumo para a empresa Movicol, que se encontra localizada em Leiria.

1.2 Organização de trabalho

Este relatório está organizado em quatro capítulos, cujo conteúdo se descreve a seguir.

Na primeira parte, são apresentados, o enquadramento e a motivação, objetivos, bem como a estrutura do relatório.

Na segunda parte, são apresentados os aspetos regulamentares, a energia solar, mais especificamente a energia fotovoltaica, para a produção de energia eléctrica. Este capítulo apresenta ainda os restantes componentes e termina com as aplicações do sistema fotovoltaico.

Na terceira parte são descritas as atividades realizadas no decorrer do projeto, nomeadamente, a apresentação da empresa Movicol, o estudo dos consumos da mesma, as duas formas de dimensionamento e de simulação no programa, a discussão dos resultados, tendo a parte mais importante para o dono da empresa, o estudo da viabilidade económica.

Na última parte apresenta-se a conclusão dos assuntos abordados. Por fim serão apresentados, as referências bibliográficas e os anexos.

2 Componentes e Legislação

Nas secções seguintes apresentam-se os aspetos teóricos, serão apresentados os aspetos essenciais necessários para a implementação do sistema de autoconsumo (UPAC- Unidade de Produção para Autoconsumo), na simbiose entre a energia solar e energia fotovoltaica, na evolução da energia fotovoltaica no mundo, os aspetos tecnológicos referentes aos equipamentos constituintes do sistema fotovoltaico e a sua aplicação. Neste capítulo são apresentados alguns aspetos da legislação portuguesa sobre a utilização da energia solar fotovoltaica para autoconsumo.

2.1 Energia Solar

A energia solar é proveniente do sol, este fornece energia na forma de radiação, que é a base de toda a vida na Terra. Durante o processo de fusão no sol parte da massa é transformada em energia que é irradiada a volta do corpo celeste.

No início dos anos 70 aconteceu vários protestos nos países Islâmicos que levaram que levaram os países árabes organizados na OPEP aumentam o preço do petróleo em mais de 400%. Fazendo assim com que nos anos 80 o preço tinha atingido mais (de 3 para 34 dólares por barril).

Desta forma as pessoas procurar alternativas aos combustíveis fósseis. Em resultado apareceram fontes de energias renováveis. Esses recursos podem ser inesgotáveis, pelo facto que não demoram milhares de anos a formar-se como recursos fósseis, bons exemplos de fontes renováveis são a luz solar, o vento, a água e correntes marítimas, que no quotidiano são cada vez mais vistas como melhores alternativas para satisfazer as necessidades de energia da humanidade, sem causar impacto desfavorável ao Ambiente.

Na minha opinião o setor mais interessante é da energia solar. A primeira célula foi criada de 1954 pelo Russell Ohl [2] quem inventou a primeira solar de silício com rendimento de 1%,no final do ano o rendimento subiu ate 6% e foi a primeira célula utilizada na produção de eletricidade. Sem esta descoberta é difícil imaginar o nosso mundo, este setor nesta em constante evolução o que leva a evolução de outras tecnologias. Como no setor aeroespacial sem o qual não conseguimos ter tecnologias como o GPS.

Esses investimentos conduziram energia fotovoltaica que é obtida através da conversão direta da luz do sol em eletricidade, que se baseia no princípio de excitação de um semicondutor, devido a nova tecnologia pode ser produzida mesmo em dias nublados ou chuvosos. A partir deste fenómeno é produzida energia elétrica que é utilizada em diversas áreas.

2.1.1 Princípio de Funcionamento de Painel Fotovoltaico

As células fotovoltaicas são constituídas por materiais semicondutores, essa matéria tem características intermédias entre um condutor e um isolador, materiais como o silício, o arsenieto de gálio, teluriato de cádmio ou disseleniuto de cobre e índio. [3] Os materiais semicondutores, ao serem aplicados nas células devem absorver numa gama mais vasta do espectro solar, que são constituídos por partículas energéticas designadas de fotões, para o material ser usado neste tipo de células é necessário modificar as suas propriedades elétricas.

A célula fotovoltaica é um dispositivo que aproveita a energia da luz solar para criar diretamente uma diferença de potencial elétrico nos seus terminais, produzindo uma corrente elétrica contínua. Cada célula tem duas camadas de material distinto camada tipo p e camada tipo n, essas possuem cargas positivas e outro com cargas negativas, criando assim um campo eletromagnético Figura 2 anexo [4].

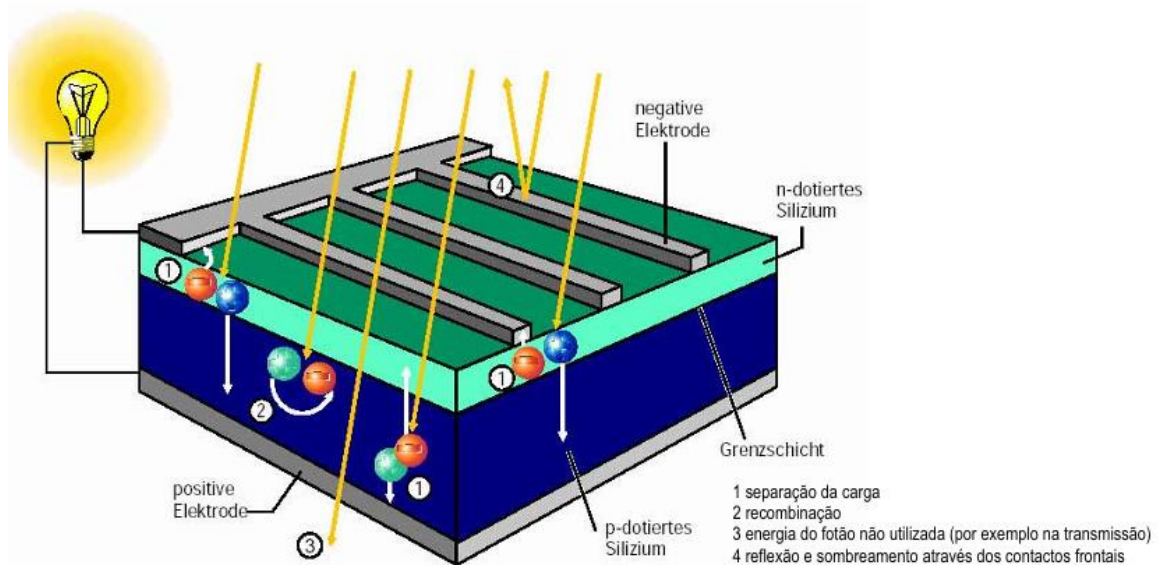


Figura 2 Princípio de funcionamento painel fotovoltaico

Os átomos das células, ao serem incididos pelos fotões, libertam eletrões devido à energia da radiação que os fotões transportam.

A camada orientada para o Sol e constituída por material carregado negativamente, e a camada inferior por material carregado positivamente. A luz solar, constituída pelos fotões, ao incidir liberta eletrões devido à energia da radiação que os fotões transportam. Assim gerando eletricidade a partir da célula solar.

Um painel fotovoltaico é construído por várias células fotovoltaicos que são elementos básicos. Devido a baixa tensão e corrente, estes vão ser agrupadas em serie ou em paralelo, dando origem ao modulo fotovoltaico. Da junção de vários módulos resulta um painel fotovoltaico. A figura 3 ilustra melhor a diferença.

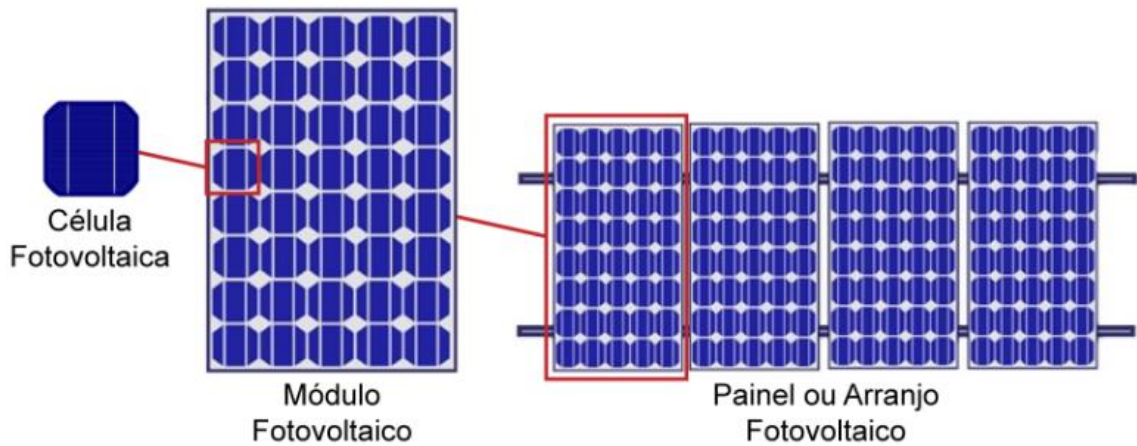


Figura 3 diferença ente célula, modulo e painel fotovoltaico

2.1.2 Tipos de Painel Fotovoltaico

O painel produzido no cotidiano tem utilizações muito flexíveis, esse tem proveito em diversas áreas e para cada existem painéis aconselhados, desde espaço e até ao mar essas células fotovoltaicas produzem energia para tais circunstâncias. Os painéis são constituídos por conjuntos de placas, nos quais vários módulos ligados entre si, e estes podem ser:

- Monocristalino;
- Policristalino;
- Flexíveis.

Os valores da corrente e tensão pretendidos dependem muito das características do inversor, por isso os módulos podem ser ligados em série ou em paralelo (fig4). Considerando um painel com 225W (30V e 7.5A) visualizamos diferentes tipos de ligação obtemos a tabela 1 que mostra em que consiste a diferença entre eles.

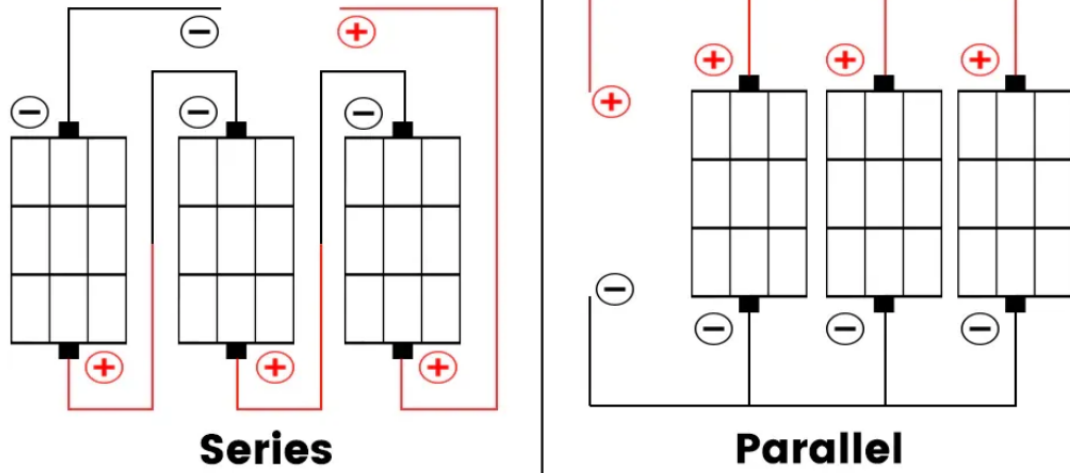


Figura 4 Diferença na ligação em Série e Paralelo [5]

A ligação em série é feita do terminal positivo de um módulo a um terminal negativo, enquanto as conexões em paralelo compreendem ligações de terminais de mesma polaridade.

Tabela 1 Série versus Paralelo

Série	Paralelo
Tensão Resultante = 90V	Tensão Resultante=30V
Corrente Resultante = 7.5A	Corrente Resultante=22.5A
Potencia Resultante = $90V \cdot 7.5A = 675W$	Potencia Resultante= $30V \cdot 22.5A = 675W$

A tabela 1 mostra que com o mesmo número de painéis conseguimos obter diferentes valores de tensão e corrente obtendo o mesmo valor de potencia. Desta forma conseguimos compreender a melhor forma de rendimento do inversor pretendido.

2.1.2.1 Diferença entre o Monocristalino e Policristalino

Na tabela 2 estão descritas as principais diferenças entre estes tipos de painéis.

Tabela 2 Painel solar Monocristalino versus Policristalino

	Monocristalino	Policristalino
Composição	Células de cristal único de silício	Células múltiplas partículas de silício cristalizado
Formato da célula	Circular ou octogonal	Retangular
Cor da célula	Azul-escuro ou preto	Azul-marinho ou tonalidades claras do azul
Custo de produção	Mais lenta e custos elevados	Mais rápida e custos baixos
Eficiência	Entre 18 e 20 %	Entre 16 e 18 %
Potencia/tamanho	Mesma potência com tamanho menor	Menos potente com o mesmo tamanho
Tipo climático	Climas mais frios	Climas quentes
Resistência ao calor	Eles toleram pior o sobreaquecimento	É menos afetado pelo sobreaquecimento

Cada tipo de painéis tem as suas aptidões e serão utilizados em contextos diferentes. A fig. 5 representa um painel Monocristalino e Policristalino com as suas diferenças.

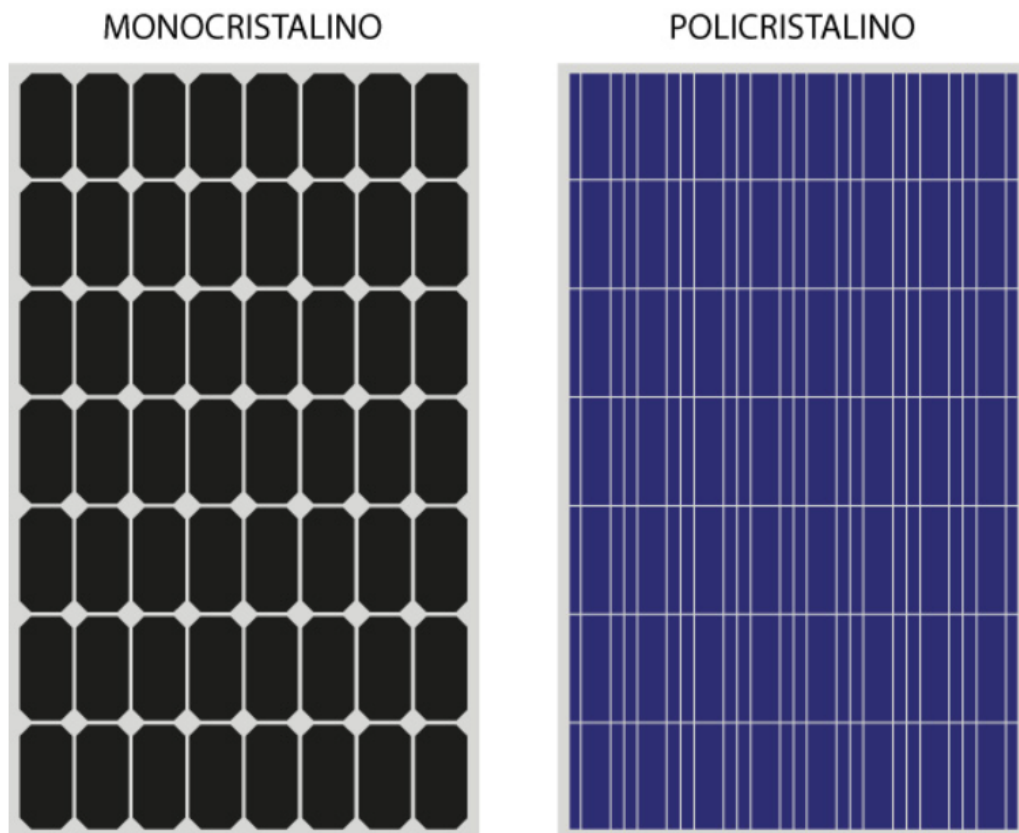


Figura 5 Painel solar monocristalino vs. policristalino

2.1.2.2 Painéis Flexíveis

Os painéis Flexíveis ou de fotovoltaico orgânico (OPV) [6], ao contrário dos Monocristalino e Policristalino, caracterizam-se principalmente pela falta de estrutura de alumínio e vidro. Eles permitem um alto grau de flexibilidade, sendo células fotovoltaicas impressas sobre um filme plástico que é o principal fator responsável pela flexibilidade e estabilidade dos módulos. Essas células têm na sua composição, uma membrana à base de carbono, capaz de captar a luz solar e transformá-la em energia.

Em vez de materiais de estrutura, os módulos fotovoltaicos são significativamente mais leves, por exemplo, o painel flexível de 100W só pesa 3 kg contra os 12 do painel convencional, por isso facilita-se muito o seu transporte para qualquer lugar. Eles também são mais finos e mais flexíveis do que os painéis fotovoltaicos tradicionais. Estes painéis ao contrário de outros módulos podem ser pisados sem risco de rotura.



Figura 6 painéis Flexíveis ou de fotovoltaico orgânico

Os modelos mais utilizados têm uma potência de 50 e 100W, respetivamente. com uma voltagem de 12V para o uso em autocaravanas e embarcações.

O principal inconveniente dos painéis flexíveis é o seu preço, que é mais caro quando comparado com os painéis convencionais.

2.2 Inversor

Um inversor é um dispositivo elétrico ou eletromecânico, formado por um conjunto de componentes eletrônicos, capaz de converter e controlar um sinal elétrico CC (corrente contínua) em um sinal elétrico CA (corrente alternada), este também realiza transformação de frequência elétrica. A principal tarefa dos inversores consiste na conversão do sinal elétrico contínuo proveniente de um painel num sinal elétrico alternado, ajustando a frequência e nível de tensão ao qual está ligado

Os inversores utilizados em sistemas fotovoltaicos são dimensionados para uma potência superior à potência do sistema fotovoltaico, em função da potência do sistema, caso contrário o inversor seria danificado.

Os inversores são caracterizados pela sua aplicação de acordo com o facto de entregarem toda a energia à rede pública ou a energia produzida ser utilizada em autoconsumo.

Nos sistemas ligados à rede, a seguir ao inversor está instalado um contador para saber quanta energia elétrica nós injetamos na rede pública. Enquanto no sistema de autoconsumo a energia produzida é utilizada por equipamentos da instalação e só depois é que é vendida a rede pública.

2.3 UPAC Unidade de Produção para Autoconsumo

A Unidade de Produção para Autoconsumo (UPAC) é uma instalação de produção de energia elétrica a partir de energias renováveis, a maior parte de energia produzida destina-se ao autoconsumo na instalação associada, quando a autoprodução não é suficiente surge a necessidade de buscar a restante à Rede Elétrica de Serviço Público (RESP), a energia produzida em excesso é vendida a RESP. [7]

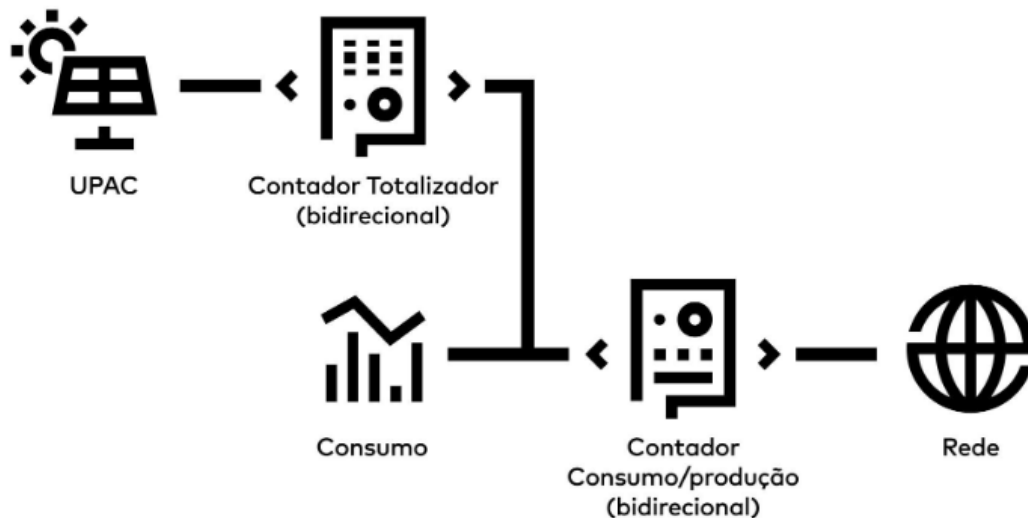


Figura 7 Esquema de ligação de UPAC

De acordo com a legislação em vigor a UPAC é dividida em 4 categorias:

1. A UPAC com potência instalada igual ou inferior a 700 W está isento de controlo prévio, desde que não esteja prevista a injeção de excedente na RESP;
2. A UPAC com potência instalada superior a 700 W e igual ou inferior a 30 kW está sujeita a comunicação prévia;
3. A UPAC com potência instalada superior a 30 kW e igual ou inferior a 1 MW está sujeita a registo prévio e certificado de exploração;
4. A UPAC com potência instalada superior 1 MW está sujeita a atribuição de licença de produção e de exploração.

Para instalação de UPAC é necessário o seguinte procedimento.

Registo	Cadastro		Certificação	
1. Registo no Portal DGE	3. Atribuição de Cadastro Aceitação de condições ORD		7. Certificação Inspeção	
2. Pronuncia ORD Análise viabilidade de potência a injetar na rede	4. Instalação Produção Criação CPE Produção	5. Análise Contagem Comunicação cliente Substituição contador Comunicação cliente - Final	6. Proteção Interligação Comunicação Pot. Ligação > 250kW Elementos projeto Análise projeto Ensaio promotor	8. Certificação Instalação preparada para receber contrato

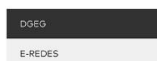


Figura 8 Processo de licenciamento de uma UPAC

A partir da fig. 8 podemos concluir que para instalação de UPAC é necessário fazer o registo da UPAC no portal da Direção-Geral de Energia e Geologia (DGEG). Depois o Operador da Rede de Distribuição (ORD) faz a análise da potência de injeção ou de consumo na rede. Se o ORD aceitar as condições é atribuído um cadastro. A partir daqui procede-se à criação de um Código de Ponto de Entrega (CPE) para a instalação de Produção. Por fim é necessário realizar a uma inspeção para a certificação da instalação [8].

2.2 Legislação portuguesa

A realização de um projeto de um sistema solar fotovoltaico implica cumprimento de legislação durante a instalação

O Decreto-Lei número 162/2019 de 25 de outubro de 2019 tem como objetivo de reduzir a dependência da energética do consumidor, favorecendo a instalação de uma UPAC. Também bem tem como objetivo estabelecer regras tanto para os consumidores como para produtores.

Portugal tem como principal objetivo para Portugal é efetuar uma segura transição energética com metas ambiciosas para 2030. Essas foram definidas no âmbito no Plano Nacional de Energia-Clima para o horizonte 2021-2030. Tendo como meta principal de alcançar uma quota de 47 % de energia proveniente de fontes renováveis até 2030.

“A referida diretiva prevê um quadro normativo que permite aos autoconsumidores de energia renovável produzir, consumir, armazenar, partilhar e vender eletricidade sem serem confrontados com encargos desproporcionados.” [9]

Desta forma pretende-se garantir uma maior eficiência do ponto de vista energético e ambiental e, por outro lado, assegurar que tanto as oportunidades da transição energética como os custos do sistema elétrico nacional.

Decreto-Lei 162/2019	
Artigo 2 - Definições	
d	Autoconsumo, o consumo assegurado por energia elétrica produzida por Unidades de Produção para Autoconsumo (UPAC) e realizado por um ou mais autoconsumidores de energia renovável;
e	«Autoconsumidor individual», um consumidor final que produz energia renovável para consumo próprio, nas suas instalações situadas no território nacional, e que pode armazenar ou vender eletricidade com origem renovável de produção própria, desde que, para os autoconsumidores de energia renovável não domésticos, essas atividades não constituam a sua principal atividade comercial ou profissional;
Artigo 3 - Condições de exercício	
2	A UPAC com potência instalada superior a 350 W e igual ou inferior a 30 kW está sujeita a mera comunicação prévia.
3	A UPAC com potência instalada superior a 30 kW e igual ou inferior a 1 MW está sujeita a registo prévio para a instalação da UPAC e a certificado de exploração, nos termos dos nos 2, 3, 4, 5 e 9 do artigo 27.º-B e do artigo 27.º-C do Decreto-Lei n.º 172/2006, de 23 de agosto, na sua redação atual, devendo o despacho a que se refere o artigo 27.º-B do mesmo decreto-lei conter as

	especificidades decorrentes do regime objeto do presente decreto-lei.
Artigo 5 - Requisito para acesso à atividade	
1 a	Os autoconsumidores individuais; podem proceder à atividade de autoconsumo, através de UPAC, independentemente do nível de tensão das instalações de consumo:
Artigo 7 - Direitos consumidor	
1	É assegurado ao consumidor final de energia elétrica o direito de se tornar autoconsumidor, nas condições previstas no presente decreto-lei.1
2 a	Instalar UPAC para produzir eletricidade para consumo próprio, recorrendo a uma qualquer fonte de energia renovável e respetivas tecnologias de produção associadas;
c	Consumir, na IU associada à UPAC, a eletricidade produzida ou armazenada em instalações próprias, e entregar a produção excedente a terceiros ou à RESP;
Artigo 8 - Deveres do autoconsumidor	
a	Cumprir os requisitos constantes do artigo 3.º, de acordo as características da UPAC e da atividade pretendida exercer;
b	Suportar o custo das alterações da ligação de IU à RESP, nos termos da regulamentação da Entidade Reguladora do Setor Energético (ERSE);
f	Dimensionar a UPAC de forma a garantir a maior aproximação possível da energia elétrica produzida à quantidade de energia elétrica consumida na IU;
h	Permitir e facilitar o acesso às UPAC do pessoal técnico das entidades referidas na alínea anterior, do agregador independente ou comercializador que agrega produção, do participante de mercado e do operador de rede, no âmbito e para o exercício das respetivas atribuições, competências, ou direitos consagrados contratualmente;

2.2 Tarifas em Portugal

Em Portugal continental de acordo com a legislação cada usufruidor de energia pode escolher o escalão horário que pretende, ou seja, em cada hora o valor vai ser diferente [10].

O consumidor tem a possibilidade de escolher o ciclo diário, os períodos horários são iguais durante todos os dias da semana; ou ciclos semanais, os períodos horários são diferentes, variando entre dias úteis, sábados e domingos. Tendo diferentes cargas horárias no Verão e Inverno.

A **tarifa simples** é a mais fácil de compreender, uma vez que o preço é o mesmo para todas as horas de todos os dias da semana, incluindo fins de semana.

A tarifa **bi-horária**, isto é, o preço do kWh varia consoante a hora e o dia, tendo dois períodos horários: vazio e fora de vazio.

A **tarifa tri-horária**, à semelhança do regime bi-horário, tem preços diferentes ao longo das horas e dos dias. Essa já tem três períodos horários: vazio, cheias e ponta.

Tarifa **industrial** esta tarifa traz a novidade de ser obrigatória para as empresas, tendo quatro períodos horários: vazio, super-vazio, cheias e ponta. Sendo esta sempre diária.

No nosso caso é uma empresa que apresenta regime industrial.

Cada período horário referido abaixo apresenta um respetivo preço por hora, sendo que cada tarifa tem diferentes períodos horários com diferentes custos.



Ciclo diário aplicável e baixa tensão normal aplicado em Portugal Continental			
Horário de Inverno		Horário de Verão	
			
Segunda-feira a domingo		Segunda-feira a domingo	
Ponta	09:00 - 10:30 18:00 - 20:30	Ponta	10:30 - 13:00 19:30 - 21:00
Cheias	08:00 - 09:00 10:30 - 18:00 20:30 - 22:00	Cheias	08:00 - 10:30 13:00 - 19:30 21:00 - 22:00
Vazio	00:00 - 02:00 06:00 - 08:00 22:00 - 00:00	Vazio	00:00 - 02:00 06:00 - 08:00 22:00 - 00:00
Super Vazio	02:00 - 06:00	Super Vazio	02:00 - 06:00

Figura 9 Ciclo industrial diário

3 Caso de Estudo

3.1 Apresentação da Empresa- Movicol

Movicol é uma empresa situada em Colmeias, no distrito de Leiria, começou a funcionar em 1982 e tem atividade classificada como fabricação de mobiliário.

A empresa tem 23 profissionais que produzem diariamente mobiliário.



Figura 10-Sede de Movicol



Figura 11 Localização da empresa

Movicol - Móveis E Marcenaria De Colmeias, S.A., R. Diogo Almeida Santos 260, 2420-192 Colmeias

3.2 Análise de Consumos

Para realizar o dimensionamento do sistema de autoconsumo fez-se a análise de faturas que dizem respeito ao ano de 2023. A empresa disponibilizou 12 faturas. Da qual é apresentada um exemplo na figura 12.

Faturação		CÁLCULO	VALOR
DESCRÇÃO			
Energia Ativa (1)	P1: 7.219 kWh x 0,203329 Eur/kWh = 1.467,83 Eur P2: 18.114 kWh x 0,196624 Eur/kWh = 3.561,65 Eur P3: 1.148 kWh x 0,174764 Eur/kWh = 200,63 Eur P4: 646 kWh x 0,175703 Eur/kWh = 113,5 Eur		5.343,61
Banda Reserva de Regulação (1)	P1: 7.219 kWh x 0,002868 Eur/kWh = 20,7 Eur P2: 18.114 kWh x 0,002849 Eur/kWh = 51,61 Eur P3: 1.148 kWh x 0,002815 Eur/kWh = 3,23 Eur P4: 646 kWh x 0,002795 Eur/kWh = 1,81 Eur		77,35
ENERGIA ACESSO às REDES (1)	P1: 7.219 kWh x -0,0504 Eur/kWh = -363,84 Eur P2: 18.114 kWh x -0,0509 Eur/kWh = -922 Eur P3: 1.148 kWh x -0,052 Eur/kWh = -59,7 Eur P4: 646 kWh x -0,0524 Eur/kWh = -33,85 Eur		-1.379,39
Potência Horas Ponta (1)	7.219 kWh / 110 Horas x 0,2284 Eur/kWh X 31 DIAS		464,67
Termo de Potência (1)	292,95 kW x 0,0155 Eur/kWh X 31 DIAS		140,76
Reactiva Fora Vazio (1)	TR1: 919 kVArh x 0,0015 Eur/kVArh x 0,33 = 0,45 Eur TR2: 0 kVArh x 0,0015 Eur/kVArh x 1 = 0 Eur TR3: 0 kVArh x 0,0015 Eur/kVArh x 3 = 0 Eur COS PHI= 0,95, EXCESO RI= 919 KVARH		0,45
Reactiva Fornecida Vazio (1)	49 kVArh x 0,0011 Eur/kVArh = 0,05 Eur		0,05
Mecanismo DL 33/2022	27.127 kWh x 0,0026 Eur/kWh		70,53
Taxa Audiovisual (2)	2,85 Eur/mes X 31 DIAS / 31 Dias / Mes = 2,85 Eur		2,85
Imposto Sobre Electricidade (1)	27.127 kWh x 0,001 Eur/kWh = 27,13 Eur		27,13
(1) IVA-PT NORMAL	23 % de 4.745,16 EUR		1.091,39
(2) IVA-PT REDUZIDO	6 % de 2,85 EUR		0,17
Total FATURA			5.839,57 EUR

Figura 12 Imagem da fatura recebida

Destas faturas, obtemos os dados da tabela 3, que mostra os consumos energéticos de todos os meses do ano 2023.

Tabela 3 Consumo de energia mensal em kWh

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Ponta(P1)	7 219	6 607	7 152	5 714	7 070	6 744	6 153	2 494	6 180	7 508	7 471	4 404
Cheias(P2)	18 114	16 579	17 714	13 481	16 965	15 658	14 322	4 972	13 058	17 321	17 644	11 149
Vazio(P3)	1 148	1 140	921	1 049	1 003	943	723	554	644	778	885	2 012
Sup-Vazio(P4)	646	596	542	435	438	360	387	309	387	403	547	606

Na figura 7 podemos visualizar distribuição horária das tarifas da empresa durante Inverno e Verão. A vermelho estão sinalizadas as horas de abertura e fecho da empresa. A empresa começa a trabalhar as 8h e fecha as 17h, sem horas extra.

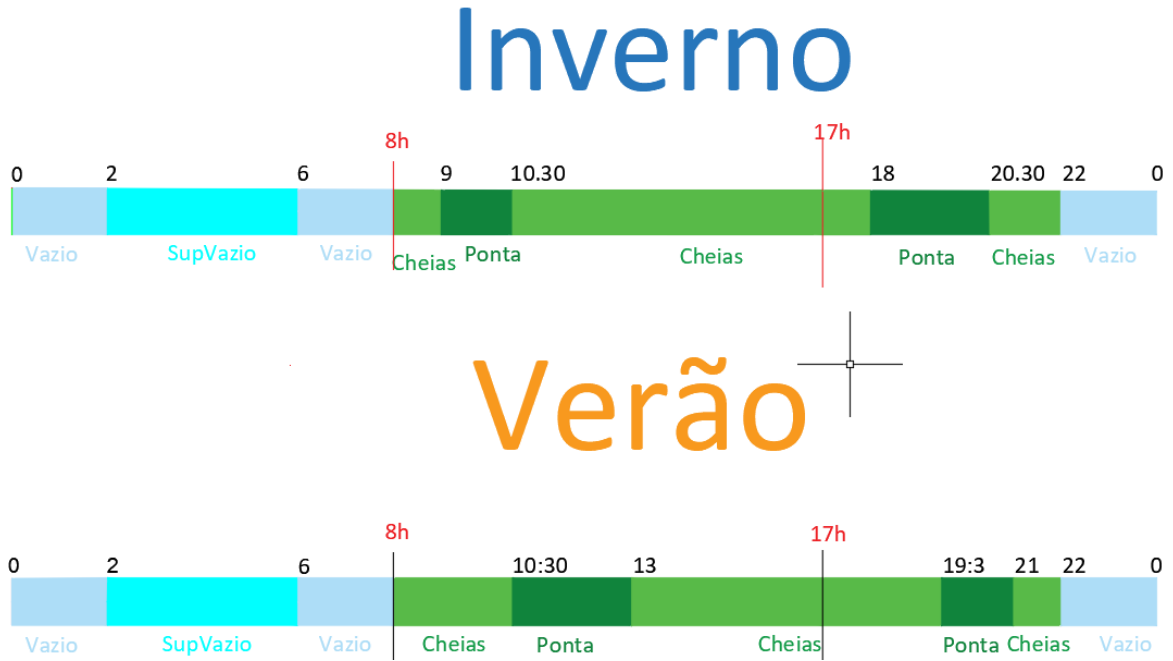


Figura 13 Ciclo diário de horário de Verão e Inverno

A partir da figura 13 conseguimos perceber que durante a semana de funcionamento no ciclo de Inverno temos 1.3 horas de ponta e 7.3 horas de cheia, no ciclo de Verão temos 2.3 horas de ponta e 6.3 horas de cheia. As horas de vazio e super vazio serão desnecessárias pelo facto que a empresa não funciona neste tempo.

A tabela 4 que apresentam o número de horas de utilização de períodos horários que a empresa esta em funcionamento.

Tabela 4 Número de dias e horas de funcionamento de ponta e cheias cada mês

Mês	Inverno			Verão							Inverno		
	Das 8 até as 17			Das 8 até as 17							Das 8 até as 17		
Nº Dias	22	24	23	20	23	22	21	12	21	22	22	15	
Ponta	1,30	1,30	1,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	1,30	1,30	
Cheias	7,30	7,30	7,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	7,30	7,30	

Observando a tabela conseguimos compreender o número de horas de funcionamento de cada mês do ano. Os dias de fim de semana foram contabilizados como um dia extra de funcionamento, os dias de fim de semana consomem 1/10 de dia normal de funcionamento. Nos meses de Agosto e Dezembro a empresa encerra por 15 dias.

A tabela 5 apresenta o número de horas de funcionamento de cada mês.

Tabela 5 Número de horas de funcionamento de ponta e cheias cada mês

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Ponta	33	36	35	50	58	55	53	30	53	55	33	23
Cheias	165	180	173	130	150	143	137	78	137	143	165	113

A partir dos valores da tabela 5 conseguimos fazer a potência média necessária para empresa. Com os valores da energia consumida (tabela 3) e dividindo pelo nº de horas de funcionamento de cada mês (tabela 4). Obtemos potência média necessária para cada hora de mês.

Tabela 6 Potência média [kW]

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Ponta	219	184	207	114	123	123	117	83	118	137	226	196
Cheias	110	92	103	104	113	109	105	64	96	121	107	99

Estes valores expõem a potência média necessária para cada mês do ano.

A média destes valores foi 104 kW para as pontas e 130kW para as horas de cheia. Na tabela 6 podemos visualizar que maior parte dos meses está acima da média e esta sublinhada a amarelo. Consequentemente compreendemos que temos de instalar uma potencia de 104 kW.

3.3 Diagrama de carga

Na figura 14 apresentamos o diagrama de carga do mês de julho de 2023, os diagramas de carga dos outros meses são apresentados no anexo V.

Esses gráficos representam consumo total diário em kWh e curva de potencia de cada hora. Marcando uma linha vamos conseguir obter um valor de potência média a instalar de modo a suprimir o consumo energético da empresa, e minimizar a entrega à rede da energia produzida.

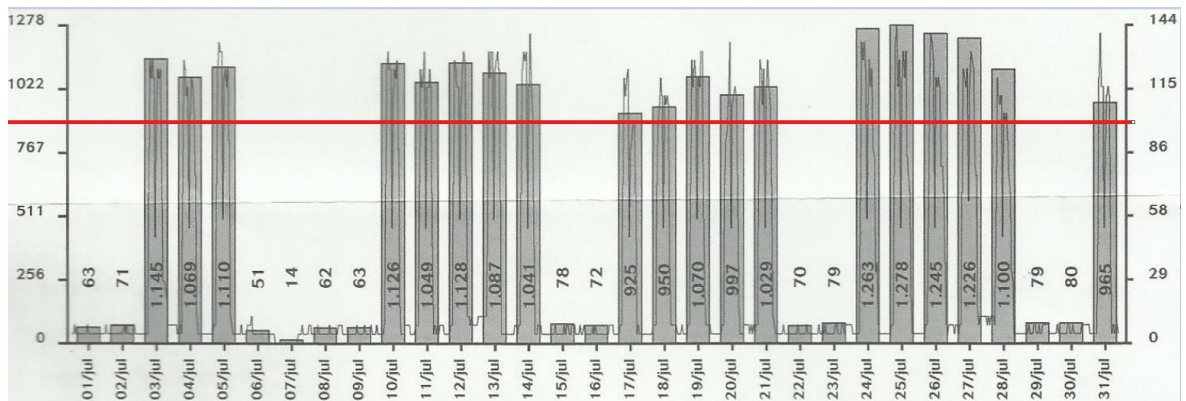


Figura 14 Diagrama de cara

A figura 15 apresenta o gráfico dos valores médio mensais obtidos dos diagramas de carga disponibilizados pela empresa (Figura 15 e anexo V). Realizando este processo para todos os meses obtivemos o gráfico 1

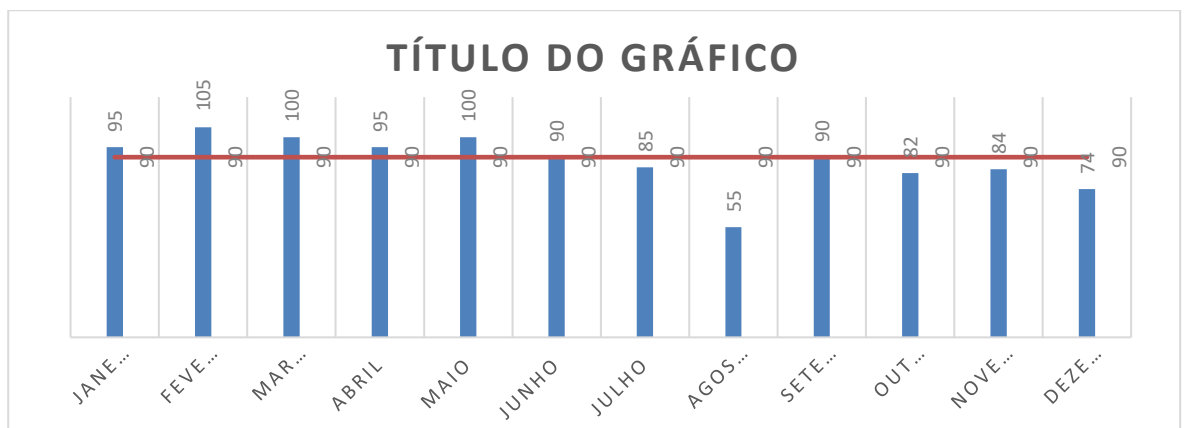


Figura 15 Gráfico do Diagrama de carga mensal com media

Analisando o gráfico da Figura 15 conseguimos ver o consumo médio de todos os meses, que por sua vez representa a média de todos os dias de funcionamento do mês, obtendo uma média de 90 kW, que será este valor de referência para a potencia nominal a instalar.

3.4 Dimensionamento do sistema de autoconsumo fotovoltaico

A potência a instalar decidida é de 90kW, essa potência será produzida painel fotovoltaico TRINA TSM-DE18M(II) 500WP.

$$N^{\circ} \text{ Total de Painéis} = \frac{P.\text{instalar [kW]}}{P.\text{do Painel [kW]}} \quad (3.1)$$

Utilizando a fórmula 3.1 conseguimos obter os seguintes resultados tabela 7.

Tabela 7 Quantidade de painéis fotovoltaicos a instalar

Potencia instalada=90kW=90000W
Potencia do painel=500W
Número de painéis =180

A tabela 7 mostra quantidade de painéis necessários para produzir a potência de 90 KW que consiste em instalar 180 painéis. Como a potência é grande optou-se por separá-la por 2 inversores HUAWEI SUN2000-50KTL-M3.

Cada inversor vai ter as seguintes características de carga.

Tabela 8 Número de painéis por cada string

1º inversor de 50kW	2º inversor de 50kW
Número de painéis=90	Número de painéis=90
Número de Strings=6	Número de Strings=6
Número de painéis por string=15	Número de painéis por string=15
Total de painéis usados no sistema=90	Total de painéis usados no sistema=90
Potencia total no sistema a instalar=45000W	Potencia total no sistema a instalar=45000W

Na tabela anterior podemos visualizar que a potencia do sistema vai der dividida uniformemente. O sistema de cada inversor vai ser representado por 6 strings de 15 painéis fotovoltaicos, estes painéis vão estar ligados em série, com potência total de 45 kW.

3.5 Pannel fotovoltaico TRINA TSM-DE18M(II) 500WP

O pannel fotovoltaico escolhido tem a potência de 500W, porque como o valor da potência a instalar é elevado tivemos de optar por um pannel com uma potência elevada.

O pannel selecionado foi o TRINA TSM-DE18M(II) 500WP, este pannel é monocristalino, constituído por 150 células, possui uma potência de 500W. As características e as dimensões do pannel estão descritas abaixo na figura 17 e tabela 9 anexo 5.

Tabela 9 Características TRINA TSM-DE18M(II) 500WP

Potencia Máxima [W]	500
Tensão Potência Máxima- V_{MPP} [V]	42.8
Corrente de Potência Máxima- I_{MPP} [A]	11.69
Tensão de circuito aberto- V_{OC} [V]	51.7
Corrente de curto-circuito- I_{SC} [A]	12.28
Eficiência %	20.9

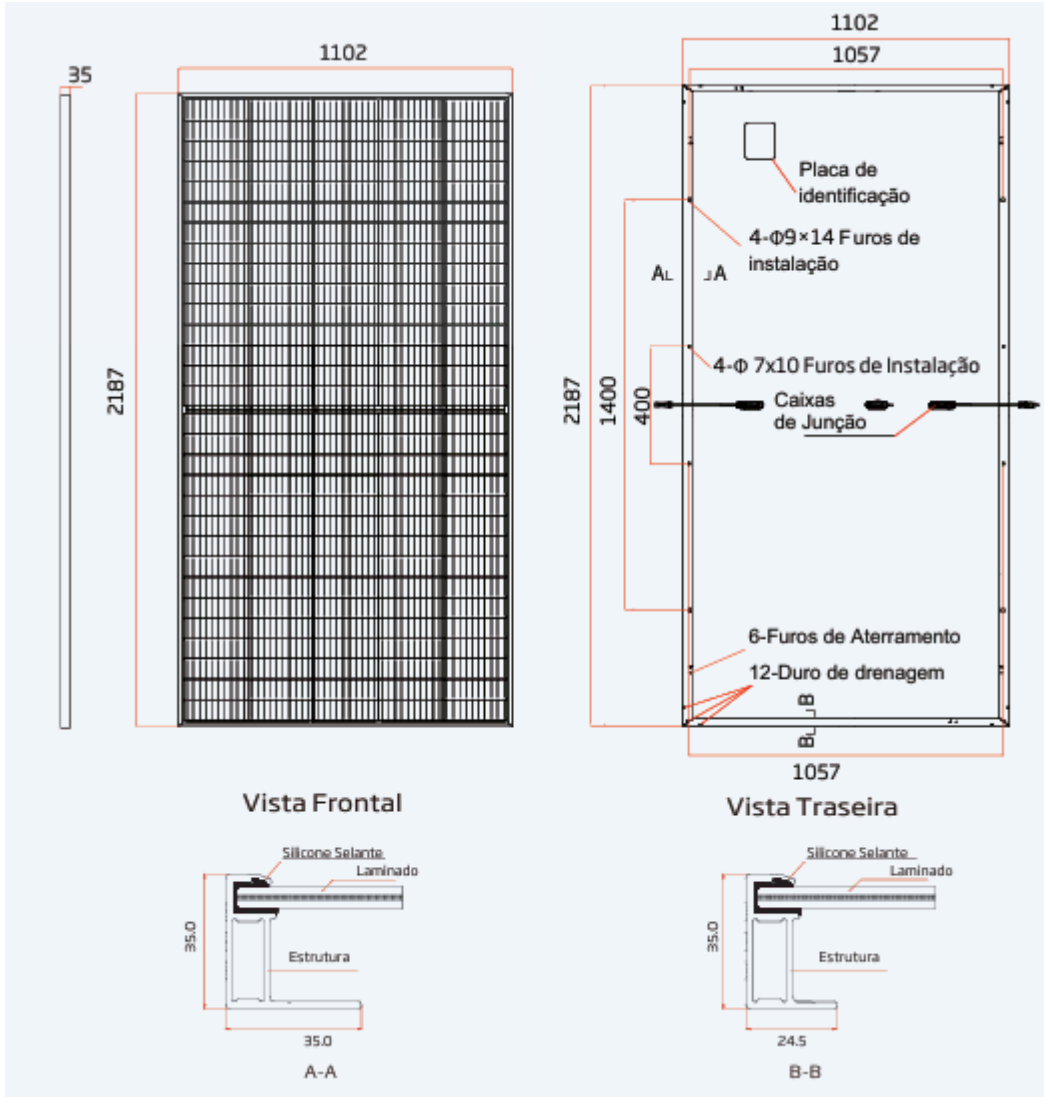


Figura 16 Dimensões das células TRINAM TSM-DE18M(II) 500WP


3.6 Inversor de rede HUAWEI SUN2000-50KTL-M3

Neste projeto vão ser usados dois inversores HUAWEI SUN2000-50KTL-M3, que se mostra na tabela 10 e no anexo 2 para distribuir tensão de 90 kW, cada com 45 kW. A tabela 10 mostra ainda as características elétricas deste inversor.

O inversor é perfeito para aplicações de autoconsumo de grande dimensão. Este inversor pode ser instalado de forma rápida e fácil no interior ou no exterior, também tem a proteção contra sobretensões.

Permite gerir o autoconsumo para maximizar o rendimento da instalação fotovoltaica, ao permitir ser controlado e integrado em um algoritmo inovador de MPPT, a sua principal funcionalidade é verificar toda a curva característica em intervalos regulares para encontrar o ponto de máxima potencia global, mesmo em condições de sombreamento parciais.

Tabela 10 Características do inversor SUN2000-50KTL-M3 de 50kW

Pot.Nominal: 50000W	
Máx.Corrente por MPPT: 30 A	
Máx.Corrente por entrada: 20 A	
Máx.Corrente de curto-circuito por MPPT: 40 A	
MPPT operacional: 200-1000Vdc	
Número de entradas MPPT:8	
Máx.Corrente de Saida:78.8 A	
Rendimento:98%	

3.7 Desenho do sistema

O sistema apresentado terá seis *strings* por cada inversor (tabela 8) para não exceder potência máxima de curto-circuito da *string*.

Tabela 11 Número de painéis por cada string

1º inversor de 50kW	2º inversor de 50kW
Número de painéis = 90	Número de painéis = 90
Número de <i>Strings</i> = 6	Número de <i>Strings</i> = 6
Número de painéis por <i>string</i> = 15	Número de painéis por <i>string</i> = 15
Total de painéis usados no sistema=90	Total de painéis usados no sistema=90
Potencia total no sistema a instalar=45000W	Potencia total no sistema a instalar=45000W

Na tabela anterior podemos visualizar que a potencia do sistema vai der dividida de forma uniformemente. No sistema, a cada inversor vão ser ligadas 6 *strings* de 15 painéis fotovoltaicos em cada, com potência total de 45 kW.

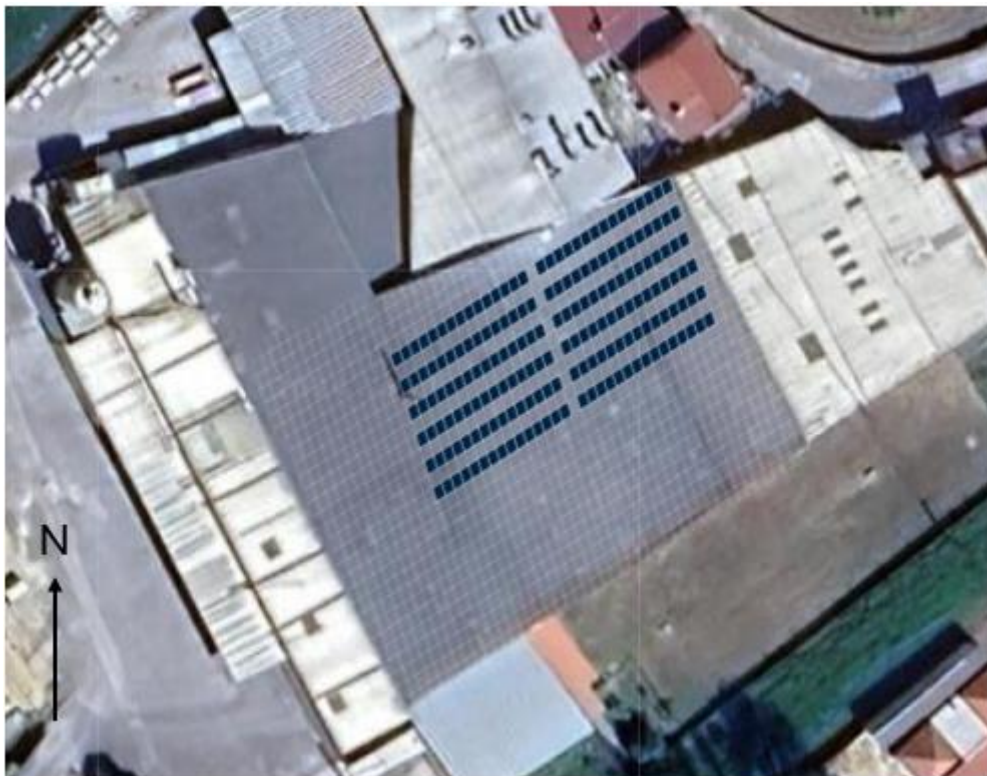


Figura 17 Localização de painéis solares na empresa

A figura 17 mostra a localização de painéis solares na empresa na qual conseguimos visualizar o número de strings de cada inversor e o número de painéis que este irá suportar.

Consoante o número de painéis, os valores de tensão e corrente vão alterar. No entanto quanto mais painéis colocamos na *string* em paralelo mais alto será o valor de tensão. Assim a tabela 12 mostra os valores máximos que o sistema vai atingir e a figura 18 ao qual mostra os valores obtidos pela tensão, consoante o inversor escolhido e que se adequa a tensão do painel.

Tabela 12 cálculo de tensão V_{CA} e corrente I_{CC} para o sistema de 45KW

Sistema de 45 kW	
Nº de Strings	6
Nº de Painéis	15
VCA por cada String [V]	776
ICC por String [A]	11.69
ICC total [A]	73.68

Observando os valores podemos verificar que o inversor (tabela 10) vai suportar 6 MPPT das 8 que tem, vai ter uma corrente de 11.69A tendo o máximo de 30A por *string* e tem uma tensão que está entre normas de funcionamento $100 < 776 < 1000$ V.

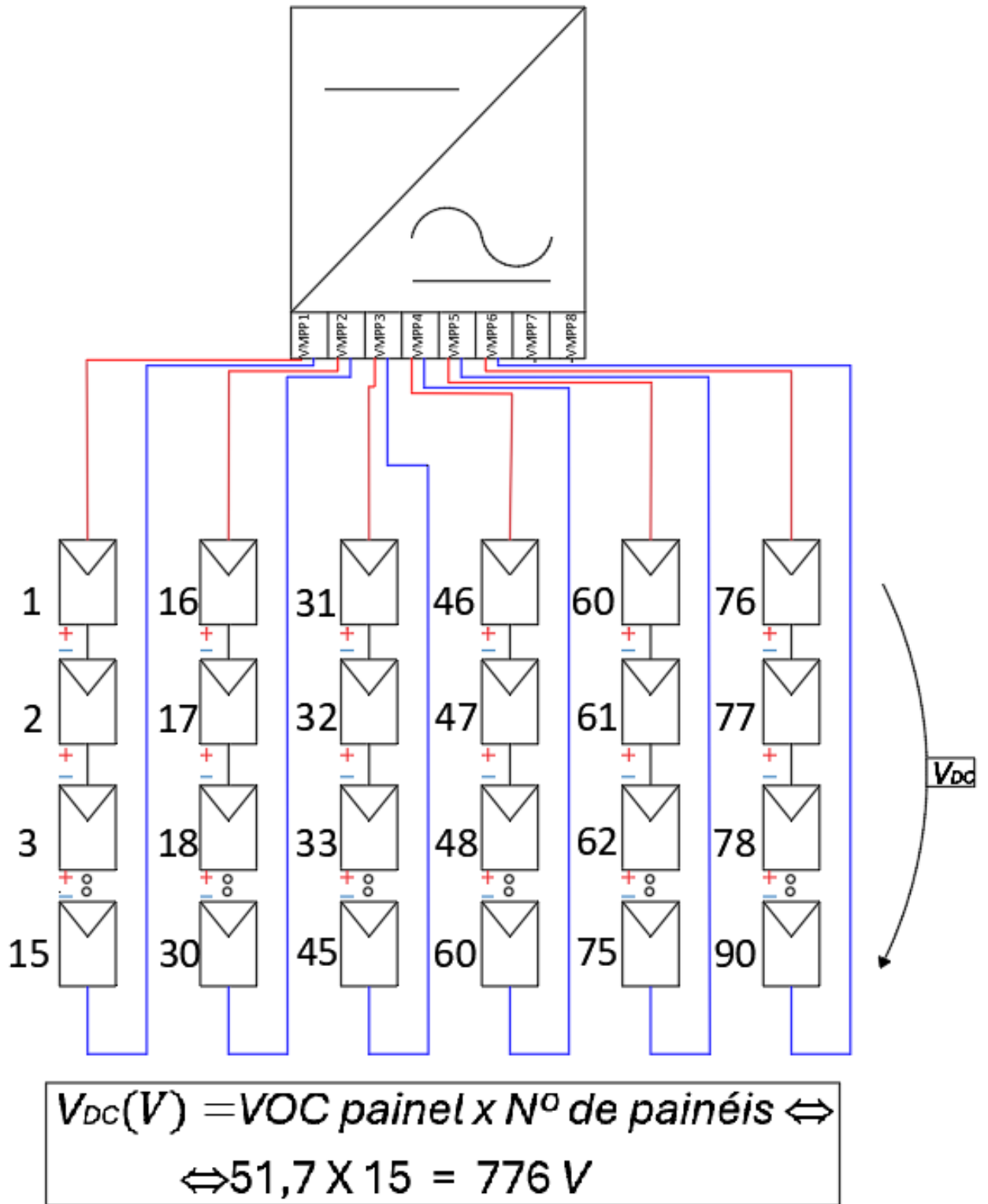


Figura 18 Esquema de ligação dos painéis do edifício 2 ao inversor

3.8 Cabos AC e DC

A escolha dos cabos é um passo importante com qual vamos escolher parâmetros que garantem um bom funcionamento do sistema. Em relação a cabo DC utilizamos a seguintes formula 3.2 e 3.3, cujos parâmetros são apresentados na tabela, para AC foi efetuado com as fórmulas. 3.4 e 3.5, cujo parâmetros são apresentados na tabela 14 [4].

Tabela 13 Tabela de dados DC

Parâmetros eléctricos	Símbolo	Unidade
Comprimento do cabo principal DC	L_{DC}	m
Perdas na linha do cabo principal DC	P_{DC}	W
Secção transversal do cabo principal DC	A_{DC}	mm ²
Condutividade Eléctrica (cobre K_{CU} =56; alumínio K_{AL} =34)	κ	m/(Ω x mm ²)
Potência nominal do gerador fotovoltaico	P_{FV}	Wp
Tensão nominal do gerador fotovoltaico	U_{MPP}	V
Corrente nominal do gerador fotovoltaico	I_n	A

Ao comprimento da fileira acrescentaram-se 15% de cabo.

A secção transversal do cabo DC pode então ser otimizada, assumindo-se uma perda máxima de potência na linha de 1%.

$$A_{DC} = \frac{2 * L_{DC} * I_n^2}{(F_P * P_{FV} - L_M) - k} \quad (3.2)$$

$$A_{DC} = \frac{2 * L_{DC} * I_n^2}{A_{DC} - k} \quad (3.3)$$

Para as contas de cabo AC utilizamos a seguinte tabela

Tabela 14 Tabela de dados AC

Tabela 5.5

Parâmetros eléctricos	Símbolo	Unidade
Comprimento do cabo do ramal AC	L_{AC}	
Perdas na linha do ramal AC	P_{AC}	
Secção transversal do cabo do ramal AC	A_{AC}	
Condutividade eléctrica (cobre K_{CU} =56; alumínio K_{AL} =34)	κ	m/(Ω x mm ²)
Corrente nominal AC do inversor	I_{nAC}	
Tensão nominal da rede (monofásica: 230 V, trifásica 400 V)	U_n	
Factor de potência (entre 0.8 e 1)	$\cos \varphi$	-

Para o cálculo da secção transversal do cabo de alimentação AC, assume-se uma queda de tensão máxima admissível na linha de 3 %, relativamente à tensão nominal da rede.

$$A_{AC} = \frac{\sqrt{3} * L_{AC} * I_{nAC} * \cos\varphi}{3\% * U_n - k} \quad (3.4)$$

$$P_{AC} = \frac{\sqrt{3} * L_{AC} * I_{nAC}^2 * \cos\varphi}{A_{AC} * k} \quad (3.5)$$

Realizando todos os processos obtemos a seguinte tabela.

Tabela 15 cabos DC e AC escolhidos para o projeto

Cabo			
Cabo DC 10mm² PV ZZ-F		Cabo AC H07RN-F 4G25	
L _{FILEIRA} -Comprimento da fileira[m]	22.5	L _{FILEIRA} -Comprimento da fileira[m]	50
I _{FILEIRA} -Corrente Nominal de fileira [A]	11.69	I _{FILEIRA} -Corrente Nominal de fileira [A]	72.2
V _{FILEIRA} -Tensão da fileira [V]	642	V _{FILEIRA} -Tensão da fileira [V]	642
σ- Condutividade [m/Ω*mm ²]	56	σ- Condutividade [m/Ω*mm ²]	56
S _{FILEIRA} - Secção do cabo da fileira [mm ²]	8.78	S _{FILEIRA} - Secção do cabo da fileira [mm ²]	—
Secção Escolhida [mm]	10	Secção Escolhida [mm]	25
Perda %	0.94%	Perda %	2.97%

Como podemos observar na tabela 15, utilizando fórmulas da (3.3) consideramos cabo com secção de 10mm², utilizando também cálculos da (3.5) obtemos um cabo AC de 25mm². Como anteriormente foi referido as perdas foram 0.94% para DC e 2.97% para AC o que esta na norma garantindo assim um bom funcionamento. O cabo escolhido para AC foi **H07RN-F 4G25** (anexo III), para DC foi **Cabo Solar 10mm² PV ZZ-F** (anexo IV), estes cabos estão representados na figura abaixo.



Figura 19 Cabo DC



Figura 20 Cabo AC

3.9 PVsyst

Na realização deste trabalho sentiu-se a necessidade de o complementar. Assim escolheu-se PVsyst para se fazerem os cálculos.

Em primeiro lugar no PVsyst definiu-se a localização da empresa para o projeto através da escolha de coordenadas por "Interactiva Map" fig21.

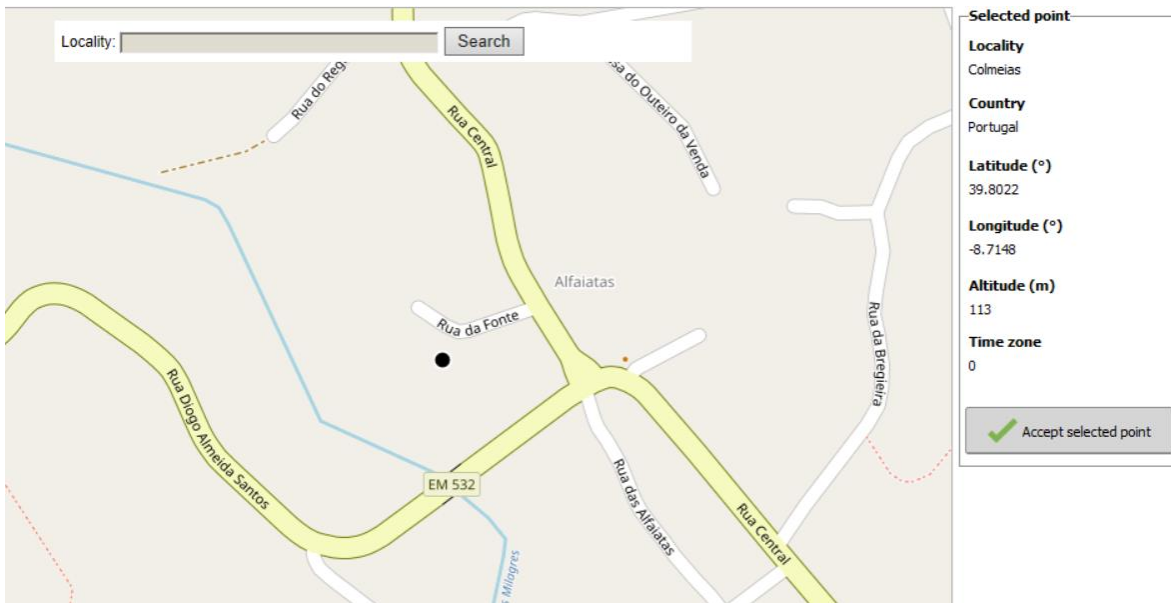


Figura 21 Localização da empresa no PVsyst

Em segundo lugar, foram considerados a inclinação de 37° e o azimute de 0° para obter a maior potencia possível, como se pode ver na figura 21.

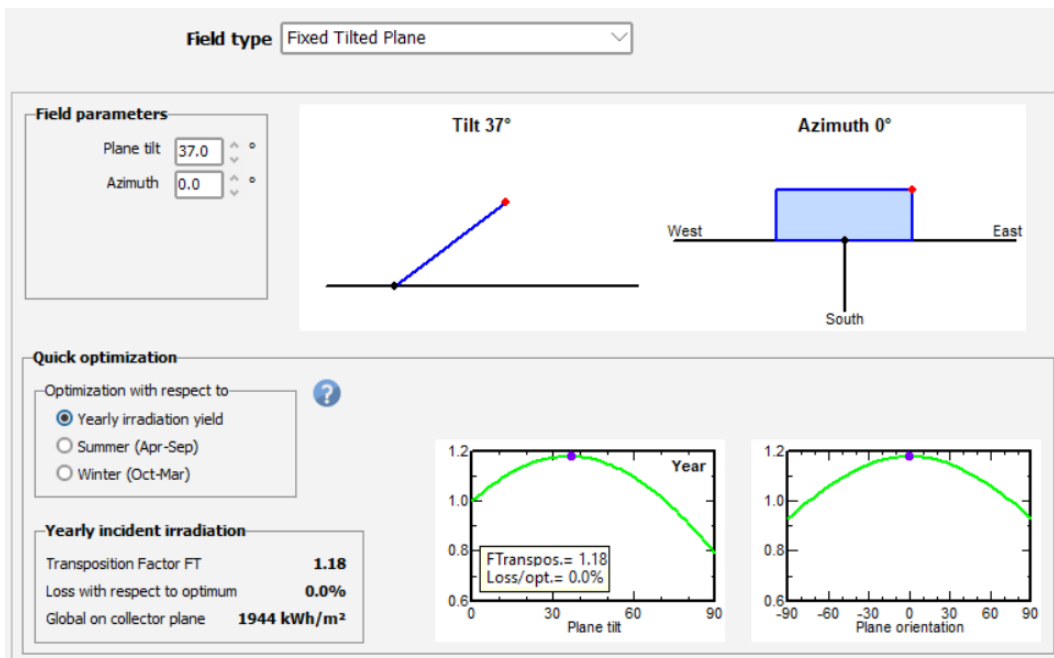


Figura 21 Escolha de inclinação no PVsyst

Em terceiro lugar, preencheu-se o separador “System” do programa. Estas informações do sistema (fig22), aqui identificamos os painéis do sistema o inversor pretendido, como já foi referido este trabalho ira ter 2 inversores, o PVsyst aconselha quantas *string* com o número de painéis serão necessários para otimizar o sistema devido com a potência escolhida.

The screenshot displays the PVsyst software interface for configuring a 45 kW system. Key sections include:

- Sub-array name and Orientation:** Name: PV Array, Order: 1, Tilt: 37°, Azimuth: 0°.
- Select the PV module:** Trina Solar, 500 Wp 36V, Si-mono, TSM-DE18M-(II)-500. Sizing voltages: Vmpp (60°C) 37.4 V, Voc (-10°C) 56.9 V.
- Select the inverter:** Huawei Technologies, 50 kW, 200 - 1000 V TL, 50/60 Hz, SUN2000-50KTL-M3-400V. Inverter power used: 37.5 kWac.
- Design the array:** Mod. in series: 15, Nb. strings: 6. Operating conditions: Vmpp (60°C) 560 V, Vmpp (20°C) 655 V, Voc (-10°C) 854 V. Array nom. Power (STC) 45.0 kWp.
- List of subarrays:**

Name	#Mod #Inv.	#String #MPPT
PV Array		
Trina Solar - TSM-DE18M-(II)-500	15	6
Huawei Technologies - SUN2000...	1	3
Sub-array #2		
Trina Solar - TSM-DE18M-(II)-500	15	6
Huawei Technologies - SUN2000...	1	3
- Global system summary:**

Nb. of modules	180
Module area	430 m²
Nb. of inverters	1.5
Nominal PV Power	90.0 kWp
Nominal AC Power	75.0 kWAC
Prom ratio	1.200

Figura 22 Informação do Sistema de 45 kW

Em quarto lugar, preencheu-se uma tabela de Excel com todos os dados horários de consumo horário de 2022 da empresa, começando em 1 de janeiro até 31 de dezembro. Estes dados tiveram de ser preenchidos com determinado formato, cada hora do dia era dividida em quatro tempos, na qual se colocou a potência desta hora de cada dia. A tabela 16 é uma tabela simplificada para observar estes dados.

Tabela 16 Tabela de Excel com os dados horários de 1 janeiro

Dia	Horas	Consumo (kW/h)
1	01.01.2022 00:00	8,7
	01.01.2022 01:00	8,7
	01.01.2022 03:00	7,3
	01.01.2022 04:00	7,3
	01.01.2022 05:00	7,3
	01.01.2022 06:00	7,3
	01.01.2022 07:00	82,3
	01.01.2022 08:00	82,3
	01.01.2022 09:00	82,3
	01.01.2022 10:00	82,3
	01.01.2022 11:00	82,3
	01.01.2022 12:00	82,3
	01.01.2022 13:00	82,3
	01.01.2022 14:00	82,3
	01.01.2022 15:00	82,3
	01.01.2022 16:00	82,3
	01.01.2022 17:00	82,3
	01.01.2022 18:00	82,3
	01.01.2022 19:00	82,3
	01.01.2022 20:00	82,0
	01.01.2022 21:00	82,3
	01.01.2022 22:00	82,3
	01.01.2022 23:00	8,7
	01.01.2022 24:00	8,7

Em quinto e último lugar, realiza-se simulação em “Run simulation” onde todos os dados foram analisados e a partir deles obtivemos gráficos relatórios com informação detalhadas.

3.10 PVsyst simulação

Após a realização da simulação no programa PVsyst obtivemos as seguintes figuras 23 e 24 anexo V.

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_User MWh	E_Solar MWh	E_Grid MWh	EFrGrid MWh
January	62.5	24.91	9.74	108.5	107.1	9.09	26.16	8.33	0.580	17.83
February	83.5	34.94	10.35	124.4	122.5	10.35	19.90	7.81	1.412	12.09
March	127.8	52.97	12.80	158.8	155.9	12.98	24.28	11.19	1.531	13.09
April	159.9	73.24	14.21	171.0	167.4	13.91	21.23	11.21	2.423	10.02
May	202.1	79.90	16.59	192.5	187.7	15.45	23.50	11.80	1.859	11.70
June	211.7	79.36	18.92	192.4	187.5	15.29	22.12	12.75	2.220	9.37
July	221.7	70.12	20.42	206.4	201.3	16.23	21.80	12.98	2.903	8.82
August	201.1	68.40	20.80	209.3	204.7	16.45	14.73	9.33	6.778	5.40
September	151.7	52.16	19.38	180.6	177.1	14.28	19.82	10.10	2.862	9.72
October	104.7	45.81	17.29	144.9	142.6	11.72	25.11	10.52	0.966	14.59
November	68.4	28.79	12.42	111.9	110.3	9.27	24.80	8.36	0.726	16.44
December	55.0	25.14	10.63	99.6	98.2	8.36	25.70	7.66	0.539	18.04
Year	1650.1	635.73	15.33	1900.3	1862.4	153.37	269.16	122.05	24.799	147.11

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid

Figura 23 Relatório do Balanco e Produção na simulação

A figura acima ilustra que no mês de janeiro, a energia que a empresa necessita (E_USER) são 26.16MWh dos quais 17.83MWh (EFrGrid) seriam adquiridos à rede pública, a energia produzida localmente é 8.3MWh (E_Solar) e 0.58 MWh (E_Grid) seriam vendidos a RESP.

No mês de julho a empresa necessita de 21.80MWh (E_USER) dos quais 12.98MWh (E_Solar) seriam produzidos para autoconsumo, 8.82MWh (EFrGrid) são adquiridos à rede e 2.903 MWh (E_Grid) seriam vendidos a RESP.

Verifica-se então que no Verão a produção elétrica de autoconsumo corresponde aproximadamente a 50% das necessidades da empresa, e no Inverno a produção corresponde a 30% das necessidades de energia por parte da empresa.

A seguinte figura mostra todos os ganhos e perdas do sistema apresentado .

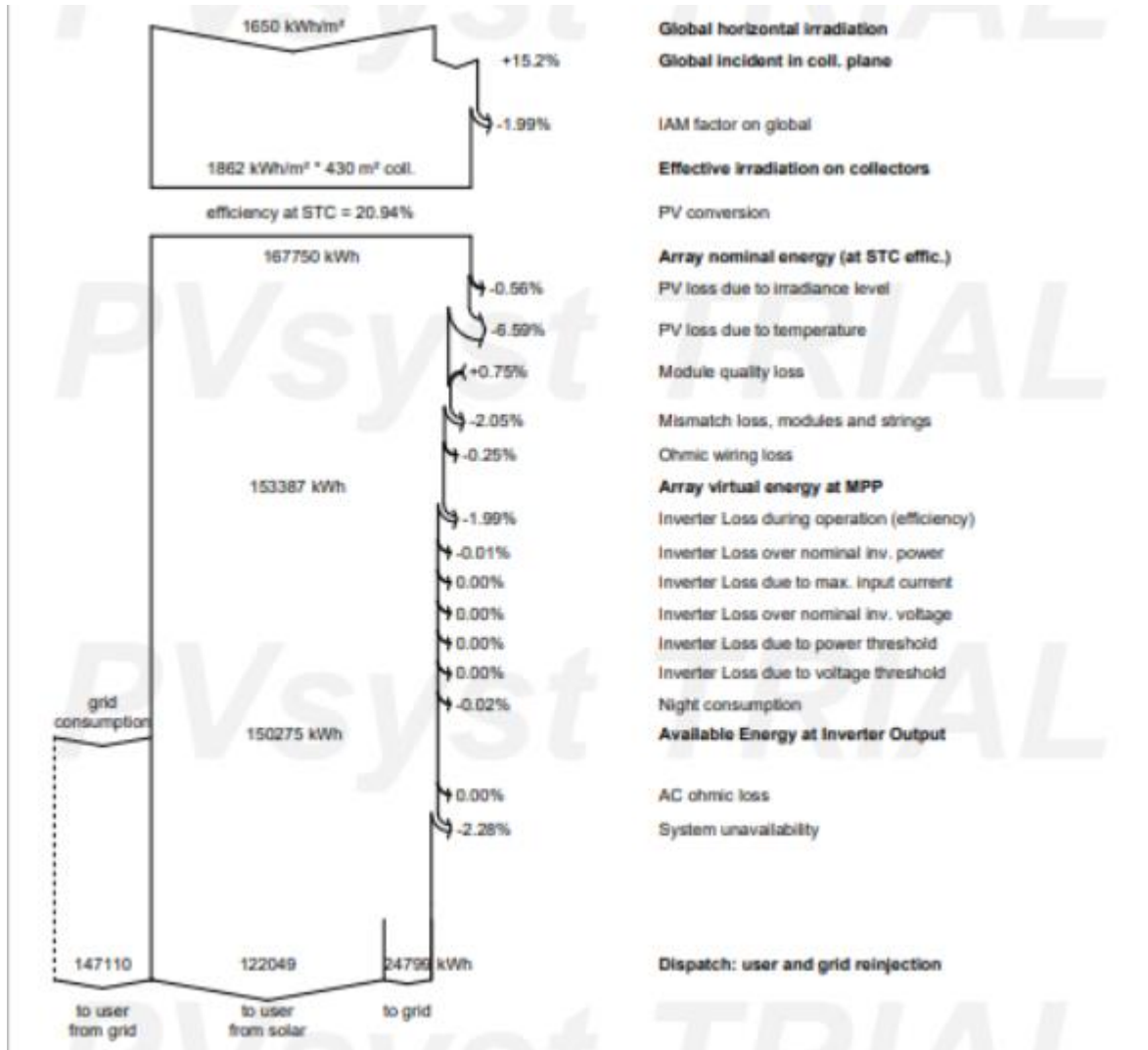


Figura 24 Diagrama de Perdas

O resultado de simulação (fig24) está representado na tabela 17

Tabela 17 Resultado da simulação no PVsyst

Simulação de 45 kW	
Energia adquirida a rede [MWh]	147.11
Energia Solar Produzida [MWh]	122.05
Energia Injetada a Rede [MWh]	24.799
Desempenho [%]	83%

Como podemos observar o sistema irá produzir 146.84 MWh dos quais 122.5 MWh seriam produzidos para o consumo da empresa. Assim o desempenho do sistema é 83%, sendo a outra parte maioritariamente é consumida a noite.

$$\text{Desempenho} = \frac{122.05}{147.11} * 100 = 83\% \quad (3.6)$$

3.11 Viabilidade económica

Nesta secção apresenta-se a viabilidade económica do projeto. A tabela 18 apresenta o investimento necessário para o funcionamento do sistema.

Tabela 18 Investimento no sistema

Dois Sistemas de 45 kW	
Painel fotovoltaico TRINA TSM-DE18M(II) 500WP [11]	
Número de painéis	180
Custo Unitário	187,55
total	€ 33 759,00
Inversor de rede HUAWEI SUN2000-50KTL-M3 [12]	
Quantidade	2
Custo Unitário	3583,33
total	€ 7 166,66
Estruturas [13]	
Quantidade	36
Custo Unitário	133
Total	4788
Cabo AC H07RN-F 4G25 [14]	
Comprimento [m]	120
Custo Unitário	31,27
Total	€ 3 752,40
Cabo DC 10mm ² PV ZZ-F [15]	
Comprimento [m]	265
Custo Unitário	3
Total	€ 795,00
Investimento Total	€ 50 261,06

A este investimento temos também de juntar o preço de instalação que será a volta de 10%.

Agora vamos analisar a energia produzida e consumida localmente (Energia Solar Produzida [kWh]), cujo custo corresponde ao valor poupado e a energia que se vendeu à rede (Energia Injetada a Rede [kWh]), cujo custo corresponde a um ganho. Estes ganhos anuais serão subtraídos aos gastos energéticos anuais e atuais, para podermos descobrir o ganho da implementação do sistema (tabela 19).

Tabela 19 Lucro de venda de energia e de utilização

Dois Sistemas de 45 kW	
Energia Solar Produzida [kWh]	122050
Custo [€/kWh]	0,21
Total	€ 25 630,50
Energia Injetada a Rede [MWh]	24800
Custo [€/kWh]	0,05
Total	€ 1 240,00
Rendimento Total	€ 26 870,50

A seguir precisamos do valor de eletricidade pago atualmente, que fomos buscar às faturas que a empresa disponibilizou, essas podem ser vistas na (tabela 20).

Tabela 20 Gastos energéticos anuais

Gastos energéticos mensais [€]	
Janeiro	5840
Fevereiro	5249
Março	5636
Abril	4876
Mai	5819
Junho	5458
Julho	6047
Agosto	2431
Setembro	5715
Outubro	7206
Novembro	6941
Dezembro	5651
Total	€ 66 869,00

Por último vamos determinar o cash-flow (tabela 21). Esta tabela vai mostrar a rentabilidade e o fluxo financeiro, este é referente a 20 anos, tempo de vida de um sistema. Em termos da rentabilidade vamos ver quantos anos são necessárias para ter o retorno do investimento e quanto lucro iremos ter até ao fim da sua vida.

Tabela 21 Análise Financeira do Investimento

Ano	Investimento	Manutenção	Gastos Anuais	Diferença	Cash Flow	VLA
0	€ 56 261,06					-€ 56 261,06
1		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	34 781,30 €	- 22 129,76 €
2		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	30 244,61 €	7 464,86 €
3		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	26 299,66 €	33 114,52 €
4		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	22 869,27 €	55 333,79 €
5		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	19 886,32 €	74 570,12 €
6		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	17 292,46 €	91 212,57 €
7		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	15 036,92 €	105 599,49 €
8		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	13 075,58 €	118 025,07 €
9		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	11 370,07 €	128 745,14 €
10		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	9 887,02 €	137 982,16 €
11		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	8 597,41 €	145 929,56 €
12		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	7 476,01 €	152 755,57 €
13		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	6 500,87 €	158 606,44 €
14		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	5 652,93 €	163 609,38 €
15		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	4 915,60 €	167 874,97 €
16		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	4 274,43 €	171 499,40 €
17		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	3 716,90 €	174 566,30 €
18		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	3 232,08 €	177 148,38 €
19		650,00 €	€66 869,00	€ 39 998,50	2 810,51 €	179 308,89 €
20		650,00 €	€ 66 869,00	€39 998,50	2 443,92 €	181 102,81 €

Como podemos ver a aquisição do equipamento mencionado anteriormente, Cabos AC/DC, painéis, inversores e estruturas iria requerer um investimento 56 261.06 €. Com um custo anual de manutenção, de 650 €. Considerou-se uma taxa de 15%.

A realização do projeto a nível financeiro, tem um parecer favorável. Recuperando o investimento em 2 anos e 8 meses, gerando-se uma mais-valia nos anos seguintes.

4 Conclusão

Os resultados vão consoante a tendência atual de que, as energias renováveis tem sido uma opção mais barata do que os combustíveis fósseis. Onde se conclui que a transição energética, que tem um fundamento de preservar o ambiente, pode ser feita de uma forma vantajosa, a nível financeiro.

Na realização do dimensionamento da UPAC, tive de analisar as faturas disponibilizadas pela empresa dos consumos energéticos, partir dos quais chegamos a dois valores. Um que apresenta a media para satisfazer as necessidades outro que era media de consumo diário proveniente de gráficos disponibilizado. Dos quais foi optado pela segunda solução.

Um dos passos importante foi escolha de painéis e inversores para o projeto. Na escolha de inversor deu-se importância ao valor da tensão que este consegue aguentar quer no circuito aberto quer em curto-circuito, que provem de painéis fotovoltaicos. Para determinar estes parâmetros realizamos os cálculos. Dos quais obtemos o número de strings e o respetivo número de painéis por cada string, assim escolheu se um inversor que consiga aguentar a necessidade do sistema.

A parte interessante foi configurar e fazer as simulações no programa PVsyst conseguindo observar os resultados. Estes resultados contribuíram muito para visualização de produção de energia a partir da UPAC.

Por fim foi feita a análise financeira que mostrou que o prazo necessário para a rentabilidade, consiste em 2 anos e 8 meses e em seguida vai trazer lucro para empresa.

Referências bibliográficas

- [1] - “DGEg Balanços Energéticos,” [Online]. Available: <https://www.dgeg.gov.pt/pt/estatistica/energia/balancos-energeticos/balancos-energeticos-nacionais/>. [Acedido em 24 05 29].
- [2] - “Breve história da energia solar,” [Online]. Available: <http://web.ist.utl.pt/palmira/solar.html>. [Acedido em 28 5 2024].
- [3] - C. Moraes, “Ceula fotovoltaica tudo o que precisa de saber,” 2020 3 5. [Online]. Available: <https://eletronicadepotencia.com/celula-fotovoltaica/>. [Acedido em 29 5 2024].
- [4] - “Manual Fotovoltaico,” em *Energia Fotovoltaica manual sobre tecnologias , projeto e instalacao* . pag 180
- [5] - “Comparação de Ligação em Série e Paralelo,” [Online]. Available: <https://www.sungoldsolar.com/pt/solar-panels-series-vs-parallel/>.
- [6] - “Painéis Orgânicos Fotovoltaicos,” [Online]. Available: <https://footprintdown.com/voce-conhece-os-paineis-organicos-fotovoltaicos/>. [Acedido em 2024 06 13].
- [7] - E-Redes, “Autoconsumo Individual,” [Online]. Available: <https://www.e-redes.pt/pt-pt/transicao-energetica/redes-do-futuro/autoconsumo>. [Acedido em 1 junho 2024].
- [8] - Autoconsumo e Comunidade de Energia Renovável, AUTOCONSUMO E , 2022. PAG 30
- [9] - D. d. República, “Decreto-Lei n.º 162/2019, de 25 de outubro,” Presidência do Conselho de Ministros, 15 10 2019. [Online]. Available: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/15-2022-177634016>. [Acedido em 27 05 24].
- [10] - “Endesa,” [Online]. Available: https://www.endesa.pt/particulares/apoiocliente/periodos_horario_luz. [Acedido em 29 04 2024].
- [11] - “painéis solares,” [Online]. Available: <https://www.leroymerlin.pt/produtos/painel-solar-500w-ttsm-18m-trina-85667152.html> . [Acedido em 2024 05 25].
- [12] - “solar shop,” [Online]. Available: <https://www.solarshop.pt/inversor-de-rede-huawei-sun2000-50ktl-m3>. [Acedido em 2024 05 18].
- [13] - “ilumina shop,” [Online]. Available: <https://iluminashop.com/pt-pt/led->

producto/material-eletrico/energia-solar-fotovoltaica/estructuras-para-paineis-solares/estructura-5-paineis-coplanares-verticais-30-35mm-xh/. [Acedido em 2024 6 12].

[14] - “Cabo AC,” [Online]. Available: <https://shop.helukabel.pt/tipo-de-cabo/borracha-h07rn-f/cabo-h07rn-f>. [Acedido em 2024 05 30].

[15] - “cabo DC,” [Online]. Available: https://www.efectoled.com/pt/comprar-cabo-unifilar/7258-cabo-solar-10mm2-pv-zz-f-solar-preto.html?utm_source=google&utm_medium=pmax&utm_campaign=PT_Pro_Componentes_electronicos_y_luces_de_emergencia_Max_Valor&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAhc-sBhCEARIsAOVwHuR. [Acedido em 2024 06 02].

Anexos

Anexo I

Ficha técnica – Painel solar

Mono Soluções

Vertex

MODULO EMOLDURADO MONOCRISTALINO

PRODUTO: TSM-DE18M

FAIXA DE POTÊNCIA: 480-510W

510W+

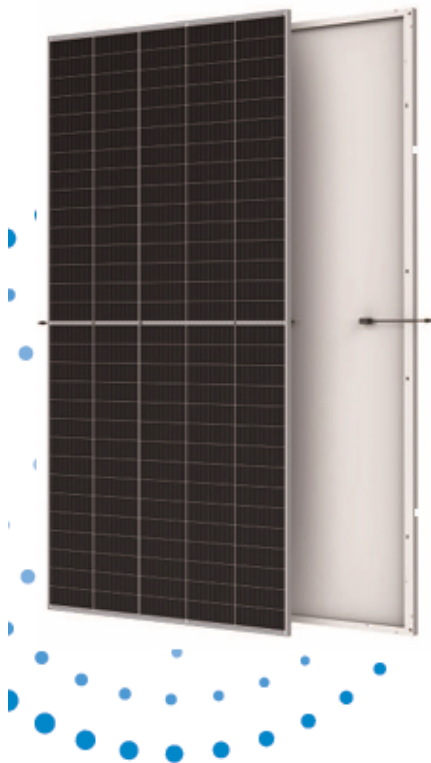
POTÊNCIA MÁXIMA

0~+5W

TOLERÂNCIA POSITIVA

21.2%

EFICIÊNCIA MÁXIMA



Alto Valor Agregado

- Menor LCOE (Custo Nivelado de Energia), custo reduzido de CAPEX
- Menor taxa de degradação anual garantida para o primeiro ano e anual;
- Compatibilidade integrada com demais equipamentos de sistemas fotovoltaicos
- Alto retorno de investimento



Potência de até 510W

- Até 21.2% de eficiência do módulo com tecnologia de interconexão de células de alta densidade
- Tecnologia multi-busbar para melhores efeitos de captura de luz, menor resistência em série e melhor rendimento do módulo
- Células de 210mm cortadas em 3 partes



Alta Confiabilidade

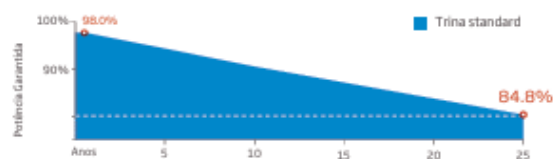
- Tecnologia de corte NDC (non destructive cutting) para mitigar efeitos de microcracks em células de grandes dimensões
- Resistência PID garantida pelo rigoroso controle de qualidade Trina Solar
- Suporte a cargas mecânicas de até +5400 Pa/-2400 Pa dependendo do modo de instalação - consultar manual do usuário



Alto Rendimento

- Excelente IAM (modificador de ângulo de incidência) e ótimo desempenho a baixa irradiação, validado por certificadores internacionais
- O design exclusivo fornece produção otimizada de energia sob condições de sombreamento
- Baixo coeficiente de temperatura (-0,34%) e temperatura de operação

Garantia de Desempenho Vertex

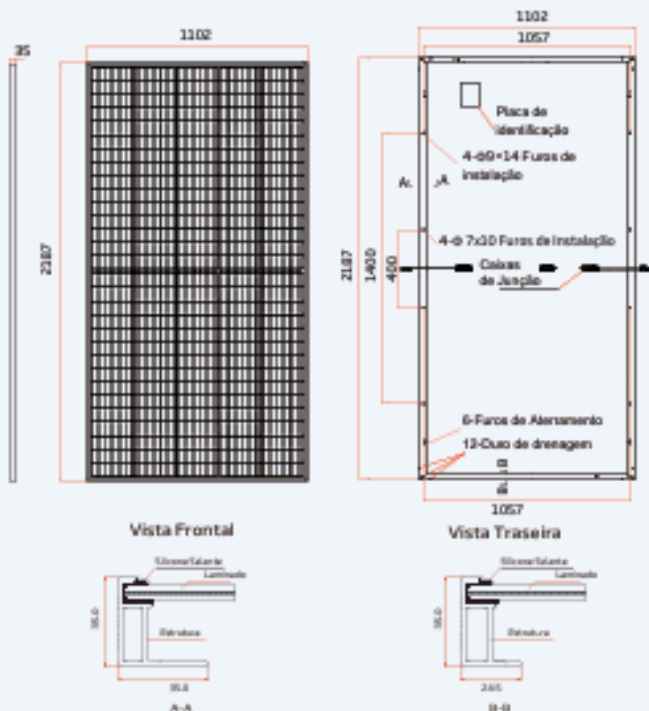


Certificações internacionais do Produto

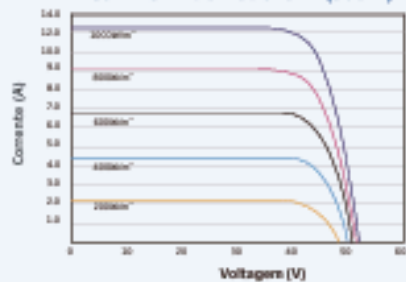


IEC61215/IEC61730/IEC61701/IEC62716/UL61730
 ISO 9001: Sistema de Gestão da Qualidade
 ISO 14001: Sistema de Gestão Ambiental
 ISO 14064: Verificação de Emissões de Gases de Efeito Estufa
 ISO 45001: Sistema de Gestão da Saúde e Segurança no Trabalho

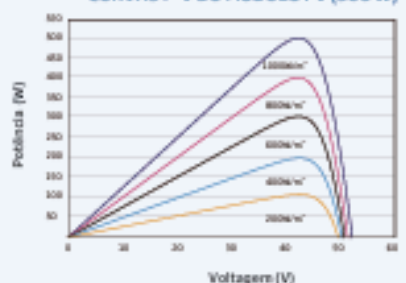
DIMENSÕES DO MÓDULO FV (mm)



CURVAS I-V DO MÓDULO FV (500 W)



CURVAS P-V DO MÓDULO FV (500 W)



DADOS ELÉTRICOS (STC)

Potência Máxima de Pico - P _{max} (W) [*]	405	400	405	500	505	510
Tolerância de Potência - P _{max} (W)	± 5					
Tensão de Potência Máxima - V _{mp} (V)	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0	43.2
Corrente de Potência Máxima - I _{mp} (A)	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75	11.81
Tensão de Circuito Aberto - V _{oc} (V)	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9	52.1
Corrente de Curto Circuito - I _{sc} (A)	12.07	12.14	12.20	12.26	12.32	12.42
Eficiência ^{**} (%)	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.2

^{*}STC Irradiação 1000W/m², Temperatura de Célula 25°C, Módulo de 60x60.
^{**}Tolerância Máxima ± 0.5%

DADOS ELÉTRICOS (NOCT)

Potência Máxima - P _{max} (W)	365	369	373	377	380	385
Tensão de Potência Máxima - V _{mp} (V)	39.9	40.0	40.2	40.4	40.5	40.5
Corrente de Potência Máxima - I _{mp} (A)	9.17	9.22	9.26	9.33	9.36	9.50
Tensão de Circuito Aberto - V _{oc} (V)	49.1	49.2	49.4	49.6	49.8	49.0
Corrente de Curto Circuito - I _{sc} (A)	9.79	9.78	9.84	9.90	9.95	10.01

NOCT Irradiação 800W/m², Temperatura Ambiente 20°C, Velocidade do Vento 1m/s.

DADOS MECÂNICOS

Células	Monocristalinas
Nº de Células	150 células
Dimensões dos Módulos	2187 x 1102 x 25mm (86.18 x 43.39 x 1.26 polegadas)
Peso	26,5 kg (58,4 lb)
Vidro	3,2 mm (0,12 polegadas), Alta Transmissão, Anti-reflexo, Temperado e Coleado
Material Encapsulante	EVA/POE
Backsheet	Resina
Moldura	25mm (1,26 polegadas), Liga de Alumínio Anodizado
J-Box	IP68
Cabo	Cabo de Tecnologia Fotovoltaica 4.0mm ² (0,066 polegadas ²), Retorno: 288/290 mm (11,32/11,52 polegadas) Comprimento de cabo customizável
Conectores	MCA EV02 / TS4*

*Conector vendido separadamente e não fornecido.

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

NOCT (Temp. Ambiente Operativa do Célula)	42°C (±2%)
Coefficiente de Temp. P _{max}	-0.34%/°C
Coefficiente de Temp. V _{oc}	-0.25%/°C
Coefficiente de Temp. I _{sc}	0.04%/°C

LIMITES OPERACIONAIS

Temperatura Operacional	-40 ~ +85°C
Tensão Máxima do Sistema	1500V DC (IEC)
	1500V DC (UL)
Capacidade Máx. Fusível	30A

GARANTIA

- 12 Anos de Garantia do Produto
- 25 Anos de Garantia de Entrega de Energia
- 2% Degradação do Primeiro Ano
- 0.55% Degradação Anual de Potência

(Consulte os detalhes de garantia de fábrica)

CONFIGURAÇÕES DE EMBALAGEM

- Módulos por caixa: 31 unidades
- Módulos por container 40' GZ: 620 unidades

Anexo II

Ficha técnica - Inversor

SUN2000-50KTL-M3
Smart PV Controller



Higher Yields

Up to 30% More Energy with Optimizer



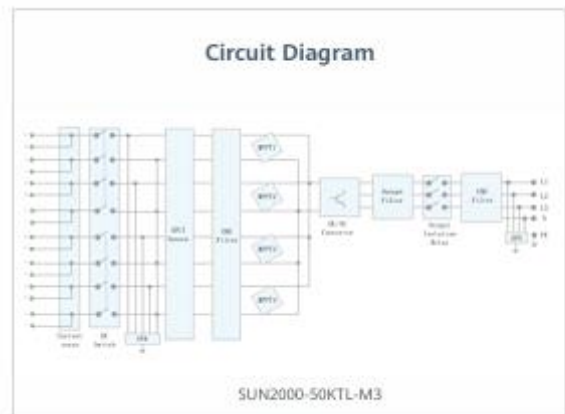
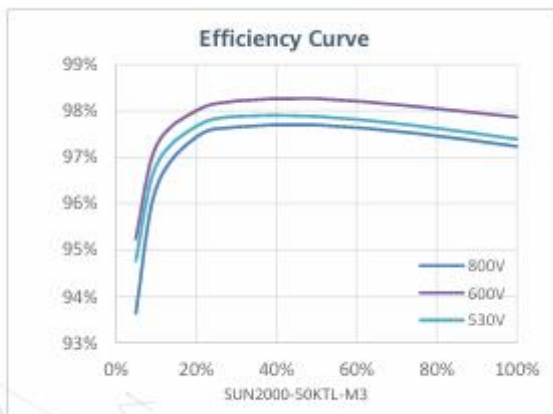
Active Safety

AI Powered Active Arcing Protection



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G Communication Supported



SUN2000-50KTL-M3
Technical Specification

Technical Specification	SUN2000-50KTL-M3
Efficiency	
Max. Efficiency	98.5%
European Efficiency	98.0%
Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Current per Input	20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V – 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4
Output	
Rated AC Active Power	50,000 W
Max. AC Apparent Power	55,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	55,000 W
Rated Output Voltage	400 Vac / 480 Vac, 3W+(N) + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A @ 400Vac, 60.1 A @ 480Vac
Max. Output Current	79.8 A @ 400Vac, 66.5 A @ 480Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Ripple Receiver Control	Yes
Integrated PID Recovery ³	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (Isolation Transformer required)
Optimizer Compatibility	
DC MBUS Compatible Optimizer	MERC-1100/1300W-P
General Data	
Dimensions (W x H x D)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	49 kg (108.1 lb)
Operating Temperature Range	-25°C – 60°C (-13°F – 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0% RH – 100% RH
DC Connector	Amphenol HH4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP 66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	≤ 5.5W
Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, DEWA

1. The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.



2. Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.

3. SUN2000-30-50KTL-M3 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly), N-type (nPERT, HJT).


4. 50KTL Platform only supports CM Optimizer(MERC-1100/1300W-P). The current version does not support this function and it can be upgraded to optimizer version via new inverter software version(Dec 30th, 2022). Refer to PITF://solar.huawei.com/

Anexo III

Ficha técnica -Cabo DC

 Cabo Solar 10mm² PV ZZ-F Solar Preto 

Ref: 7258



Modelos

Cor	Ref:
<input checked="" type="checkbox"/> Preto	7258-16558

Detalhes técnicos

Secção de cabos	10 mm	Garantia	3 Anos
Uso	Interior, Exterior	Tensão Máxima	1000 V
Comprimento	1 mm	Cor	Preto
Certificados	RoHS, CE, UKCA		



Descrição

É um cabo conductor unifilar de potência composto por cobre electrolítico flexível estanhado com isolamento e cuberta de borracha livre de halogéneos.

A secção do cabo é de 10mm². As secções de 10mm² são habituais em instalações solares para conectar repartidor e regulador de carga, ou baterias e regulador de carga.

Trata-se de um cabo flexível e robusto, sendo o seu uso adequado em trançados difíceis, assim como em todo o tipo de condições ambientais. A cuberta é de cor vermelha.

Este conductor está livre de halogéneos (não propagador da chama nem de incêndio), com baixa emissão de gases tóxicos e nula emissão de gases corrosivos.

A tensão nominal do cabo é de 1000V (0.6/1kV).

A denominação técnica é: PV ZZ-F.

Anexo IV

Ficha técnica -Cabo AC

H07RN-F rubber-sheathed cable, harmonized type



Technical data

- Rubber sheathed cable H07RN-F to DIN VDE 0285-525-2-2-1, BS 7919 DIN EN 50525-2-2-1, IEC 60245-4
- **Temperature range**
-30°C to +60°C
- Permissible **operating temperature** at conductor +60°C
- **Nominal voltage**
U₀/U 450/750 V
in case of protected and fixed installation
U₀/U 600/1000 V
- Max. permissible **operating voltage** in three phase and one phase a.c. system
U₀/U 476/825 V
direct current-system
U₀/U 619/1238 V
- **Test voltage** 2500 V
- **Permanent tensile load**
max. 15 N/mm²
- **Minimum bending radius**
for fixed installation 4x cable Ø
for guiding over roller 7,5x cable Ø
during winding on drums 5x cable Ø

Cable structure

- Bare copper-conductor, to DIN VDE 0295 cl.5, fine-wire, BS 6360 cl.5, IEC 60228 cl.5
- Core insulation of rubber EI4 to DIN VDE 0207-363-1 / DIN EN 50363-1
- Core identification to DIN VDE 0293-308
- up to 5 cores coloured
- from 6 cores, black with continuous white numbering
- GN-YE conductor, 3 cores and above
- Cores stranded in layers with optimal lay-length
- Outer sheath of rubber EM2 to DIN VDE 0207-363-2-1/DIN EN 50363-2-1
- Sheath colour black

Properties

Resistant to

- Weather

Tests

- Behaviour in fire to DIN VDE 0482-332-1-2
DIN EN 60332-2-1, IEC 60332-1 (equivalent DIN VDE 0472 part 804 test method B)
- Ozone resistant of the insulation to DIN VDE 0472 part 805, test method A or part 805 A1, test method C
- Oil resistant test according to DIN VDE 0473-811-404, DIN EN 60811-404

Note

- G = with green-yellow conductor
x = without green-yellow conductor
- AWG sizes are approximate equivalent values. The actual cross-section is in mm².
- The core identification of a single core sheathed, of an insulated wire is black.

Application

Heavy duty rubber-sheathed flexible cables are suited for use for medium mechanical stress in dry, damp and wet areas as well as in open air and in agriculture plants. They are used for equipment in industry works such as boilers, heating plates, hand lamps, electric tools such as drills, circular saws and homework tools as well as for transportable motors or machines at site. These cables are also suitable for fixed installation on plaster, in temporary buildings and residential barracks. They are suitable for direct laying on components and mechanical parts of machines, for example lifts and cranes. They can be used in case of protected and fixed installation in tubes or in equipment as well as rotor connecting cable of motors with a working voltage up to 1000 V alternating voltage or a direct voltage up to 750 V against ground. The operating direct voltage is permitted up to 900 V against ground when they are used in rail-coaches. Installation in hazardous areas according to DIN VDE 0165 is allowed.

CE= The product is conformed with the EC Low-Voltage Directive 2006/95/EC.

Part no.	No. cores x cross-sec. mm ²	Outer Ø min. - max. mm	Cop. weight kg / km	Weight app. kg / km	AWG-No.
37001	1 x 1,5	5,7 - 7,1	14,4	58,0	16
37002	1 x 2,5	6,3 - 7,9	24,0	71,0	14
37003	1 x 4	7,2 - 9,0	38,0	100,0	12
37004	1 x 6	7,9 - 9,8	58,0	130,0	10
37005	1 x 10	9,5 - 11,9	96,0	230,0	8
37006	1 x 16	10,8 - 13,4	154,0	290,0	6
37007	1 x 25	12,7 - 15,8	240,0	420,0	4
37008	1 x 35	14,3 - 17,9	336,0	530,0	2
37009	1 x 50	16,5 - 20,6	480,0	750,0	1
37010	1 x 70	18,6 - 23,3	672,0	960,0	2/0
37011	1 x 95	20,8 - 26,0	912,0	1250,0	3/0
37012	1 x 120	22,8 - 28,6	1152,0	1560,0	4/0
37013	1 x 150	25,2 - 31,4	1440,0	1900,0	300 kcmil
37014	1 x 185	27,6 - 34,4	1776,0	2300,0	350 kcmil
37015	1 x 240	30,6 - 38,3	2304,0	2950,0	500 kcmil
37016	1 x 300	33,5 - 41,9	2880,0	3600,0	600 kcmil
37017	1 x 400	37,4 - 46,8	3840,0	4600,0	750 kcmil
37018	1 x 500	41,3 - 52,0	4800,0	6000,0	1000 kcmil
37019	2 x 1	7,7 - 10,0	19,0	98,0	18
37020	2 x 1,5	8,5 - 11,0	29,0	135,0	16

Part no.	No. cores x cross-sec. mm ²	Outer Ø min. - max. mm	Cop. weight kg / km	Weight app. kg / km	AWG-No.
37021	2 x 2,5	10,2 - 13,1	48,0	193,0	14
37022	2 x 4	11,8 - 15,1	77,0	280,0	12
37023	2 x 6	13,1 - 16,8	115,0	330,0	10
37024	2 x 10	17,7 - 22,6	192,0	586,0	8
37025	2 x 16	20,2 - 25,7	307,0	810,0	6
37026	2 x 25	24,3 - 30,7	480,0	1160,0	4
37027	3 G 1	8,3 - 10,7	29,0	130,0	18
37028	3 G 1,5	9,2 - 11,9	43,0	165,0	16

be changed without prior

H07RN-F rubber-sheathed cable, harmonized type



Part no.	No. cores x cross-sec. mm ²	Outer Ø min. - max. mm	Cop. weight kg / km	Weight app. kg / km	AWG-No.	Part no.	No. cores x cross-sec. mm ²	Outer Ø min. - max. mm	Cop. weight kg / km	Weight app. kg / km	AWG-No.
37029	3 G 2,5	10,9 - 14,0	72,0	235,0	14	37056	4 G 120	53,0 - 66,0	4608,0	6830,0	4/0
37030	3 G 4	12,7 - 16,2	115,0	320,0	12	37057	4 G 150	58,0 - 73,0	5760,0	8320,0	300 kcmil
37031	3 G 6	14,1 - 18,0	173,0	420,0	10	37058	4 G 185	64,0 - 80,0	7104,0	9800,0	350 kcmil
37032	3 G 10	19,1 - 24,2	288,0	810,0	8	37059	4 G 240	72,0 - 91,0	9216,0	12100,0	500 kcmil
37033	3 G 16	21,8 - 27,6	461,0	1050,0	6	37060	4 G 300	80,0 - 101,0	11520,0	15200,0	600 kcmil
37034	3 G 25	26,1 - 33,0	720,0	1250,0	4	37061	5 G 1,5	11,2 - 14,4	72,0	240,0	16
37035	3 G 35	29,3 - 37,1	1008,0	1900,0	2	37062	5 G 2,5	13,3 - 17,0	120,0	345,0	14
37036	3 G 50	34,1 - 42,9	1440,0	2600,0	1	37063	5 G 4	15,6 - 19,9	192,0	485,0	12
37037	3 G 70	38,4 - 48,3	2016,0	3400,0	2/0	37064	5 G 6	17,5 - 22,2	288,0	650,0	10
37038	3 G 95	43,3 - 54,0	2736,0	4450,0	3/0	37065	5 G 10	22,9 - 29,1	480,0	1200,0	8
37039	3 G 120	47,4 - 60,0	3456,0	5180,0	4/0	37066	5 G 16	26,4 - 33,3	768,0	1550,0	6
37040	3 G 150	52,0 - 66,0	4320,0	6500,0	300 kcmil	37067	5 G 25	32,0 - 40,4	1200,0	2250,0	4
37041	3 G 185	57,0 - 72,0	5328,0	7860,0	350 kcmil	37068	5 G 35	35,7 - 45,1	1680,0	2750,0	2
37042	3 G 240	65,0 - 82,0	6912,0	10224,0	500 kcmil	37091	5 G 50	41,8 - 53,0	2400,0	3950,0	1
37043	3 G 300	72,0 - 90,0	8640,0	12620,0	600 kcmil	37154	5 G 70	47,5 - 60,0	3360,0	4740,0	2/0
37044	4 G 1	9,2 - 11,9	38,0	150,0	18	34090	5 G 95	54,0 - 67,0	4560,0	6600,0	3/0
37045	4 G 1,5	10,2 - 13,1	58,0	200,0	16	34349	5 G 120	58,0 - 73,0	5760,0	8180,0	4/0
37046	4 G 2,5	12,1 - 15,5	96,0	290,0	14	34127	5 G 150	64,0 - 80,0	7200,0	10600,0	300 kcmil
37047	4 G 4	14,0 - 17,9	154,0	395,0	12	37092	7 G 1,5	14,7 - 18,7	101,0	375,0	16
37048	4 G 6	15,7 - 20,0	230,0	540,0	10	37079	7 G 2,5	17,1 - 21,8	168,0	520,0	14
37049	4 G 10	20,9 - 26,5	384,0	950,0	8	37093	12 G 1,5	17,6 - 22,4	175,0	460,0	16
37050	4 G 16	23,8 - 30,1	614,0	1260,0	6	37096	12 G 2,5	20,6 - 26,2	288,0	760,0	14
37051	4 G 25	28,9 - 36,6	960,0	1860,0	4	37097	18 G 2,5	24,4 - 30,9	432,0	850,0	14
37052	4 G 35	32,5 - 41,1	1344,0	2380,0	2	37094	19 G 1,5	20,7 - 26,3	274,0	810,0	16
37053	4 G 50	37,7 - 47,5	1920,0	3190,0	1	37098	19 G 2,5	25,5 - 31,0	456,0	1075,0	14
37054	4 G 70	42,7 - 54,0	2688,0	4260,0	2/0	37095	24 G 1,5	24,3 - 30,7	346,0	1015,0	16
37055	4 G 95	48,4 - 61,0	3648,0	5600,0	3/0	37099	24 G 2,5	28,8 - 36,4	576,0	1390,0	14

Dimensions and specifications may be changed without prior notice. (RF01)

Anexo V

Resultados de PVsyst



Project: Movicol

Variant: nº1 r2

PVsyst V7.4.7

VC7, Simulation date:
27/05/24 23:01
with V7.4.6

General parameters

Grid-Connected System

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation

Orientation

Fixed plane

Tilt/Azimuth

37 / 0 °

Sheds configuration

No 3D scene defined

Models used

Transposition

Diffuse

Circumsolar

Perez

Erbs

separate

Horizon

Free Horizon

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Ext. defined as file

r2.CSV

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	June	July	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Year	
26158	19901	24282	21232	23501	22122	21804	14726	19821	25113	24799	25698	269159	kWh

PV Array Characteristics

PV module

Manufacturer

Trina Solar

Model

TSM-DE18M-(II)-500

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

500 Wp

Number of PV modules

180 units

Nominal (STC)

90.0 kWp

Array #1 - PV Array

Number of PV modules

90 units

Nominal (STC)

45.0 kWp

Modules

6 string x 15 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

41.0 kWp

U mpp

584 V

I mpp

70 A

Array #2 - Sub-array #2

Number of PV modules

90 units

Nominal (STC)

45.0 kWp

Modules

6 string x 15 In series

At operating cond. (50°C)

Pmpp

41.0 kWp

U mpp

584 V

I mpp

70 A

Total PV power

Nominal (STC)

90 kWp

Total

180 modules

Module area

430 m²

Inverter

Manufacturer

Huawei Technologies

Model

SUN2000-50KTL-M3-400V

(Original PVsyst database)

Unit Nom. Power

50.0 kWac

Number of inverters

1.5 units

Total power

75.0 kWac

Number of inverters

3 * MPPT 25% 0.8 unit

Total power

37.5 kWac

Operating voltage

200-1000 V

Max. power (=>35°C)

55.0 kWac

Pnom ratio (DC:AC)

1.20

No power sharing between MPPTs

Number of inverters

3 * MPPT 25% 0.8 unit

Total power

37.5 kWac

Operating voltage

200-1000 V

Max. power (=>35°C)

55.0 kWac

Pnom ratio (DC:AC)

1.20

No power sharing between MPPTs

Total inverter power

Total power

75 kWac

Nb. of inverters

2 units

Pnom ratio

1.20

No power sharing



Project: Movicol

Variant: n°1 r2

PVsyst V7.4.7

VC7, Simulation date:
27/05/24 23:01
with V7.4.6

Array losses

Thermal Loss factor		Module Quality Loss		Module mismatch losses				
Module temperature according to irradiance		Loss Fraction	-0.8 %	Loss Fraction	2.0 % at MPP			
Uc (const)	20.0 W/m²K							
Uv (wind)	0.0 W/m²K/m/s							
Strings Mismatch loss								
Loss Fraction	0.1 %							
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

DC wiring losses

Global wiring resistance	10 mΩ		
Loss Fraction	0.2 % at STC		
Array #1 - PV Array		Array #2 - Sub-array #2	
Global array res.	14 mΩ	Global array res.	52 mΩ
Loss Fraction	0.1 % at STC	Loss Fraction	0.6 % at STC

System losses

Unavailability of the system	
Time fraction	2.0 %
	7.3 days, 3 periods

AC wiring losses

Inv. output line up to injection point	
Inverter voltage	400 Vac tri
Loss Fraction	0.00 % at STC
Inverter: SUN2000-50KTL-M3-400V	
Wire section (2 Inv.)	Copper 2 x 3 x 25 mm²
Average wires length	0 m



Project: Movicol

Variant: nº1 r2

PVsyst V7.4.7

VC7, Simulation date:
27/05/24 23:01
with V7.4.6

Main results

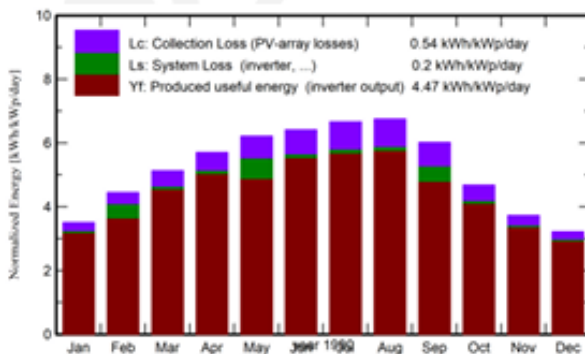
System Production

Produced Energy	146848 kWh/year	Specific production	1632 kWh/kWp/year
Used Energy	269158 kWh/year	Perf. Ratio PR	85.86 %
		Solar Fraction SF	45.34 %

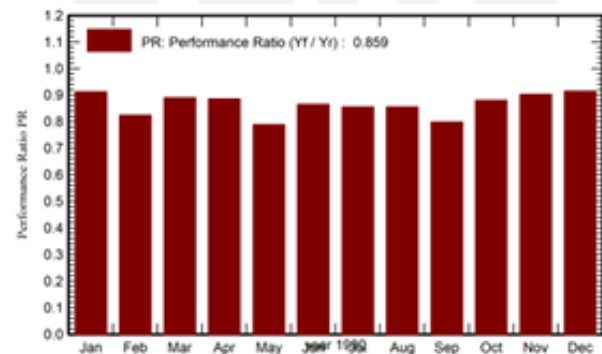
Economic evaluation

Investment		Yearly cost		LCOE	
Global	54 864.40 EUR	Annuitities	0.00 EUR/yr	Energy cost	0.03 EUR/kWh
Specific	0.61 EUR/Wp	Run. costs	1 768.93 EUR/yr		
		Payback period	1.9 years		

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_User	E_Solar	E_Grid	EFrGrid
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Jan. 90	62.5	24.91	9.74	108.5	107.1	9092	26158	8333	581	17825
Feb. 90	83.5	34.94	10.35	124.4	122.5	10347	19901	7807	1412	12094
Mar. 90	127.8	52.97	12.80	158.8	155.9	12983	24282	11193	1531	13089
Apr. 90	159.9	73.24	14.21	171.0	167.4	13910	21232	11210	2423	10021
May 90	202.1	79.90	16.59	192.5	187.7	15453	23502	11798	1859	11703
June 90	211.7	79.36	18.92	192.4	187.5	15287	22123	12754	2220	9368
July 90	221.7	70.12	20.42	206.4	201.3	16226	21804	12983	2903	8821
Aug. 90	201.1	68.40	20.80	209.3	204.7	16450	14726	9326	6778	5400
Sep. 90	151.7	52.16	19.38	180.6	177.1	14279	19821	10103	2863	9718
Oct. 90	104.7	45.81	17.29	144.9	142.6	11718	25113	10519	966	14595
Nov. 90	68.4	28.79	12.42	111.9	110.3	9269	24799	8361	726	16439
Dec. 90	55.0	25.14	10.63	99.6	98.2	8359	25698	7660	539	18038
Year	1650.1	635.73	15.33	1900.3	1862.4	153373	269158	122048	24800	147110

Legends

GlobHor	Global horizontal irradiation	EArray	Effective energy at the output of the array
DiffHor	Horizontal diffuse irradiation	E_User	Energy supplied to the user
T_Amb	Ambient Temperature	E_Solar	Energy from the sun
GlobInc	Global incident in coll. plane	E_Grid	Energy injected into grid
GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	EFrGrid	Energy from the grid



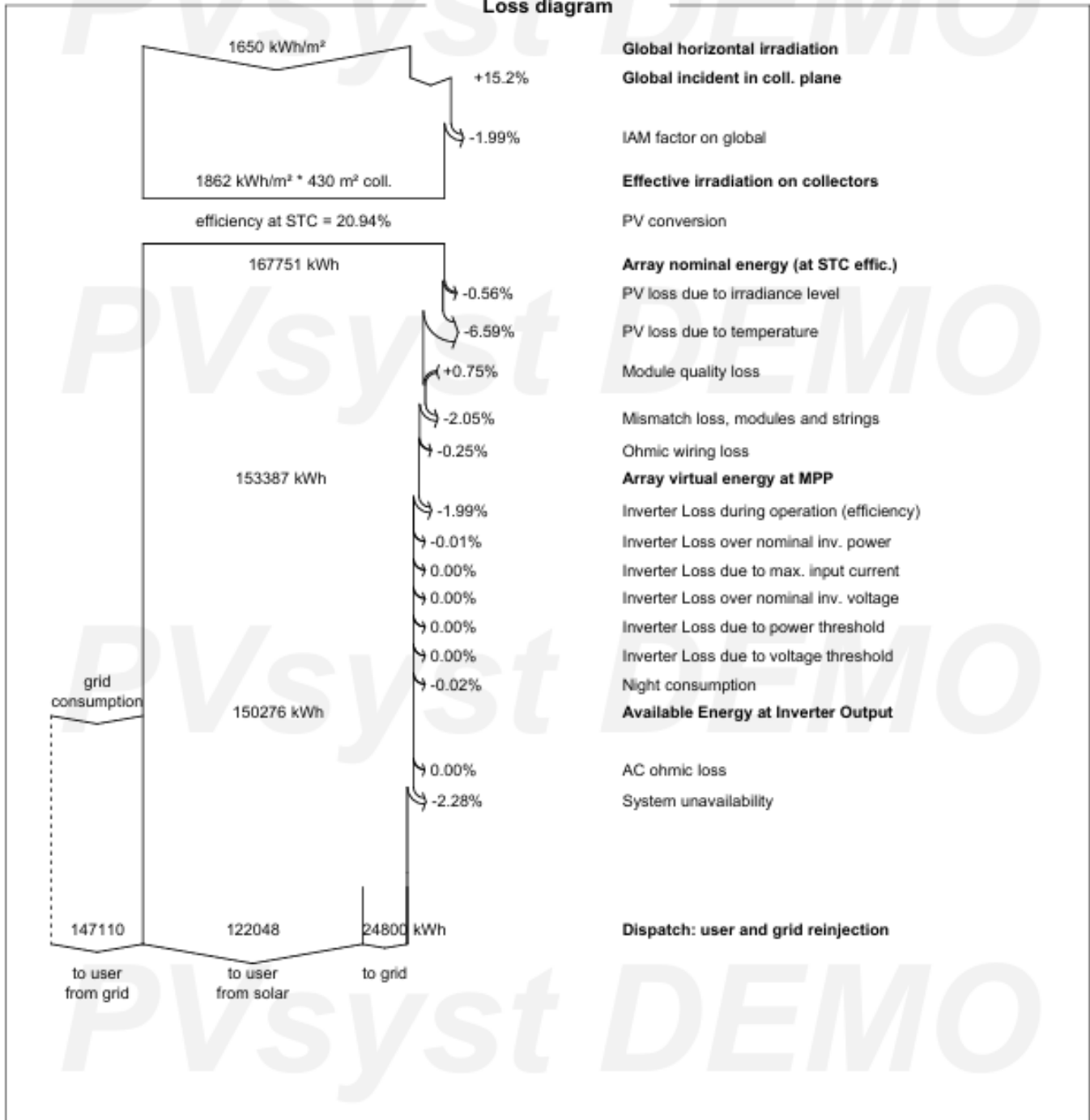
Project: Movicol

Variant: n°1 r2

PVsyst V7.4.7

VC7, Simulation date:
27/05/24 23:01
with V7.4.6

Loss diagram



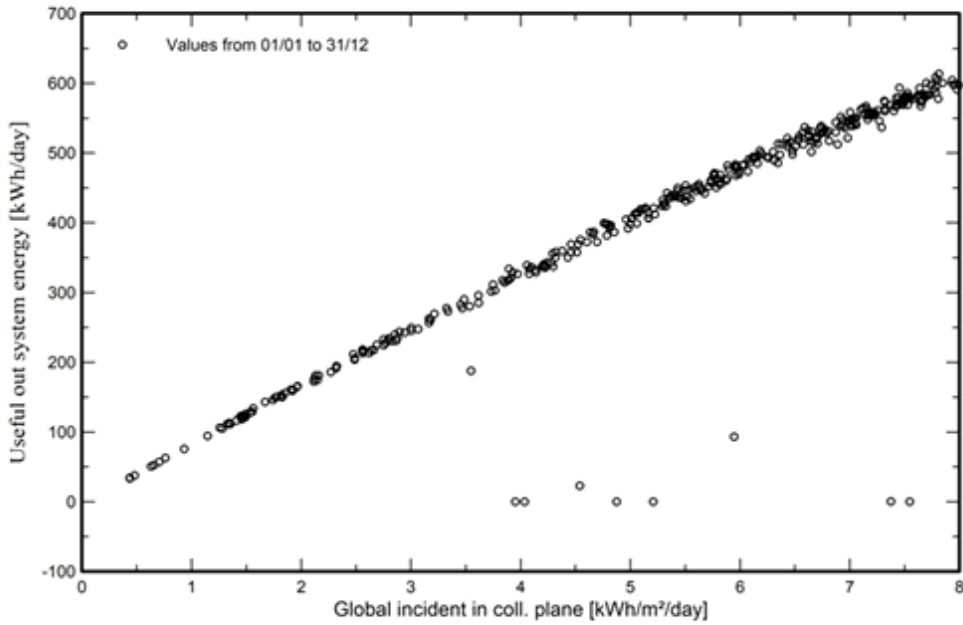


PVsyst V7.4.7
VC7, Simulation date:
27/05/24 23:01
with V7.4.6

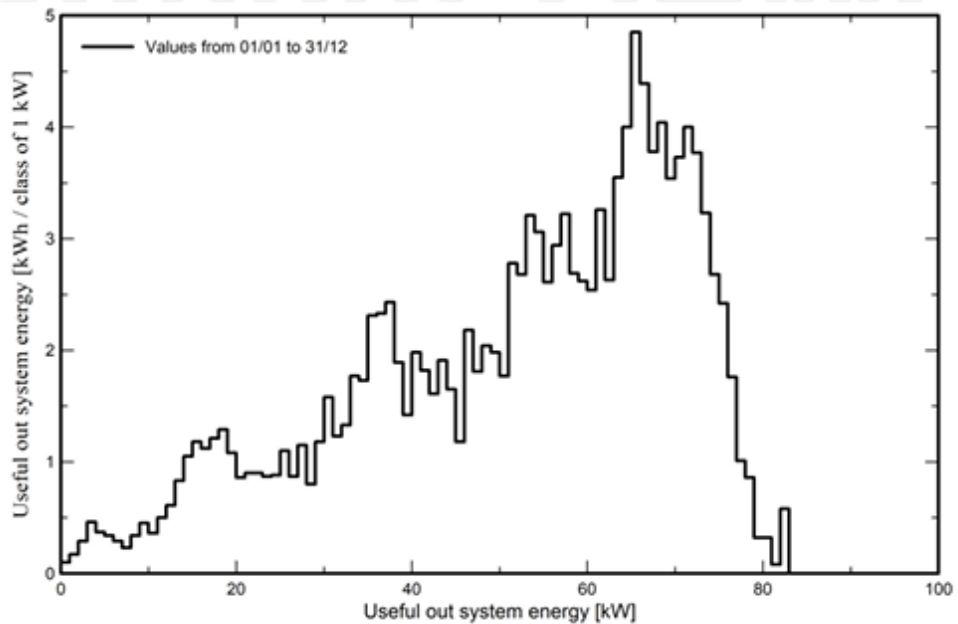
Project: Movicol

Variant: nº1 r2

Predef. graphs
Daily Input/Output diagram



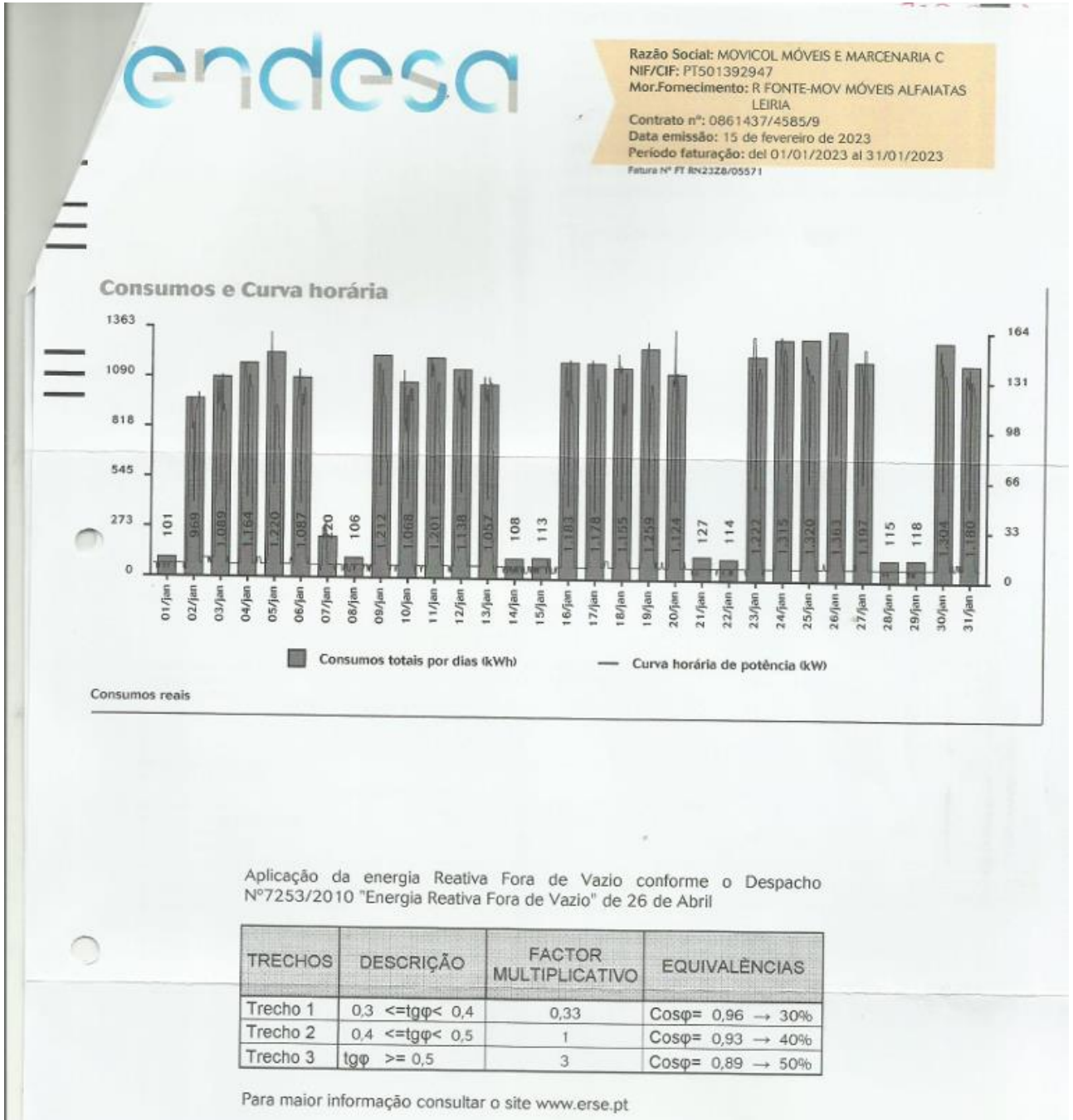
System Output Power Distribution



Anexo VI

Diagrama de carga

Janeiro

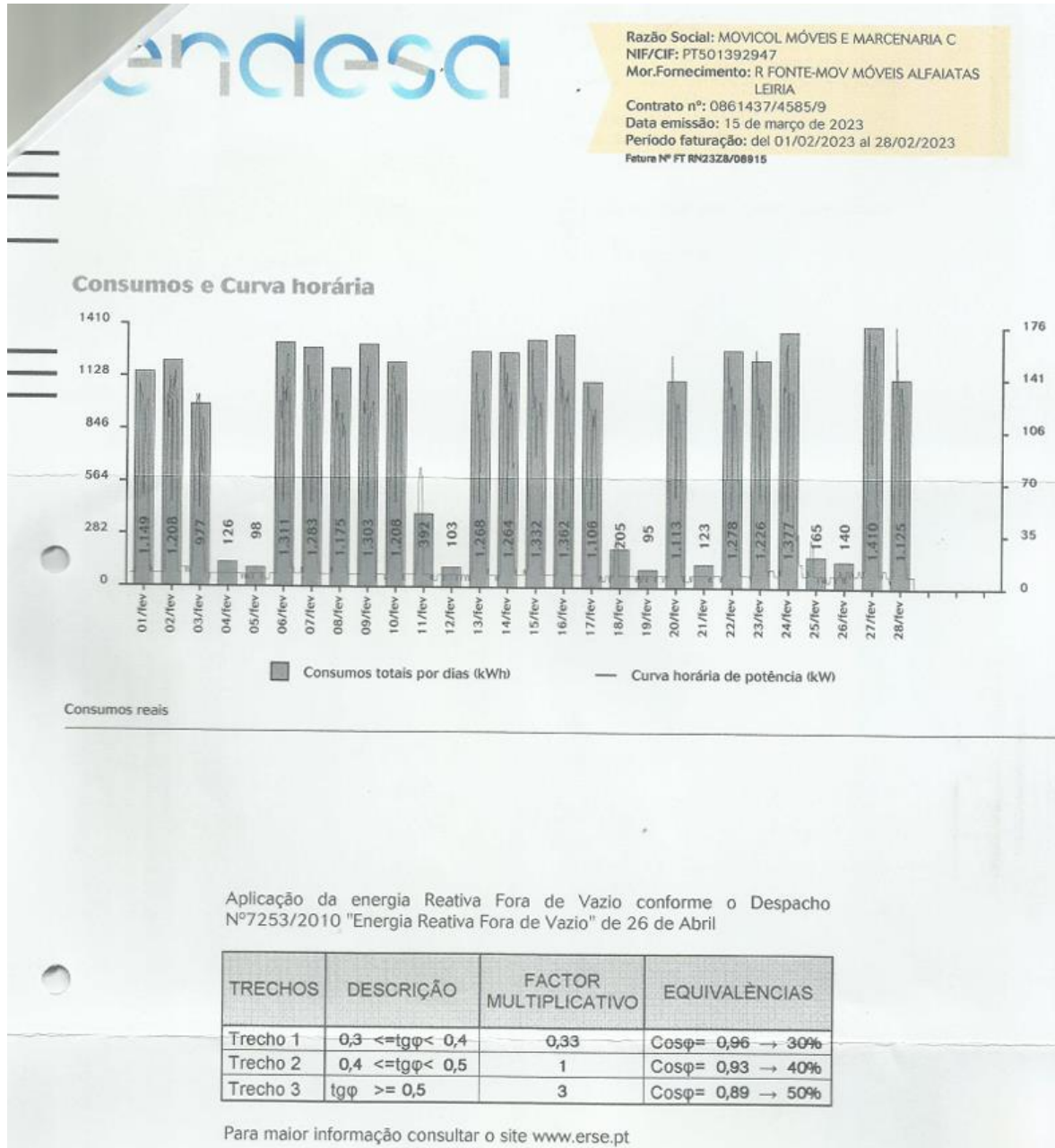


Aplicação da energia Reativa Fora de Vazio conforme o Despacho N.º7253/2010 "Energia Reativa Fora de Vazio" de 26 de Abril

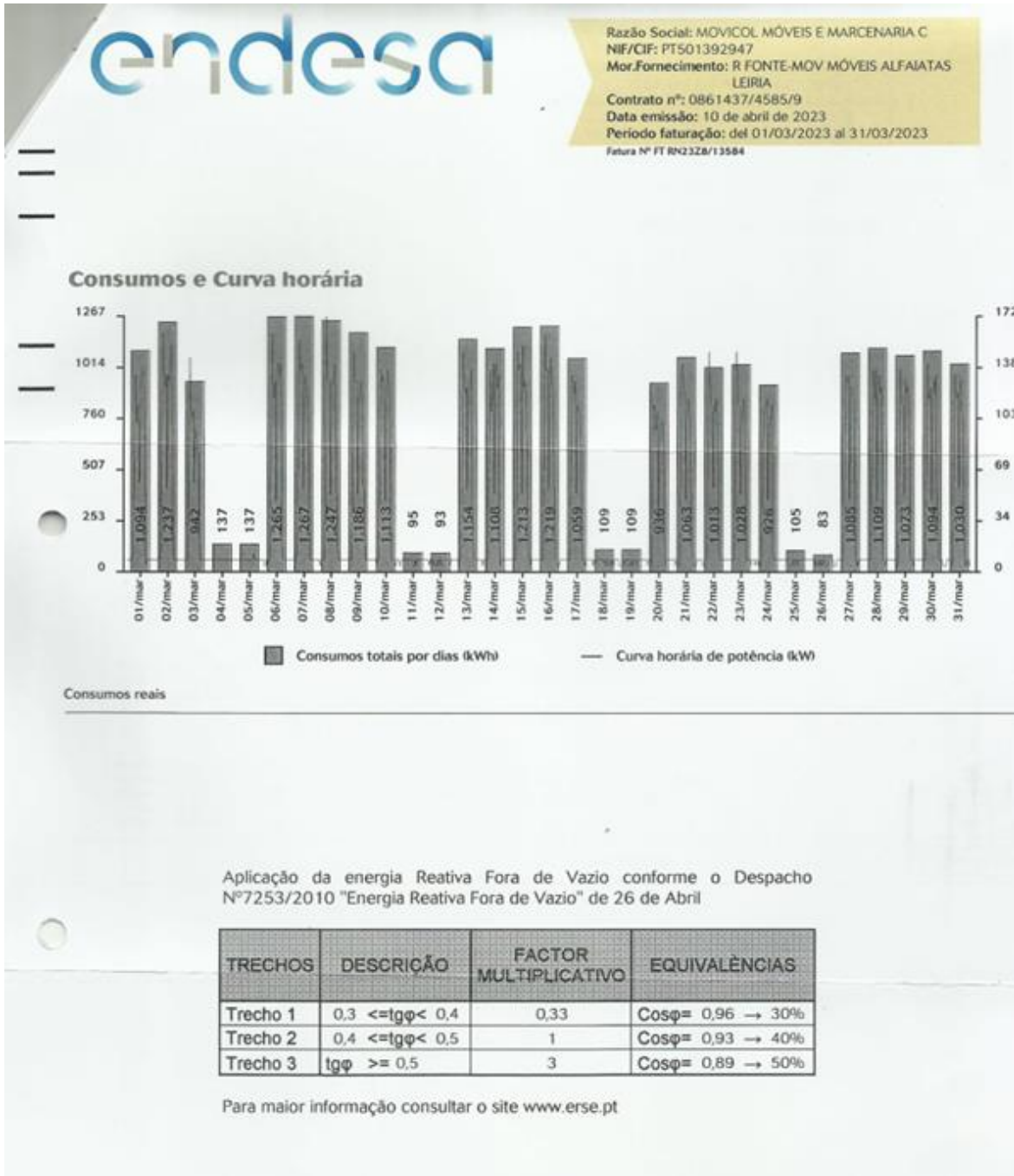
TRECHOS	DESCRIÇÃO	FACTOR MULTIPLICATIVO	EQUIVALÊNCIAS
Trecho 1	0,3 <=tgφ< 0,4	0,33	Cosφ= 0,96 → 30%
Trecho 2	0,4 <=tgφ< 0,5	1	Cosφ= 0,93 → 40%
Trecho 3	tgφ >= 0,5	3	Cosφ= 0,89 → 50%

Para maior informação consultar o site www.erse.pt

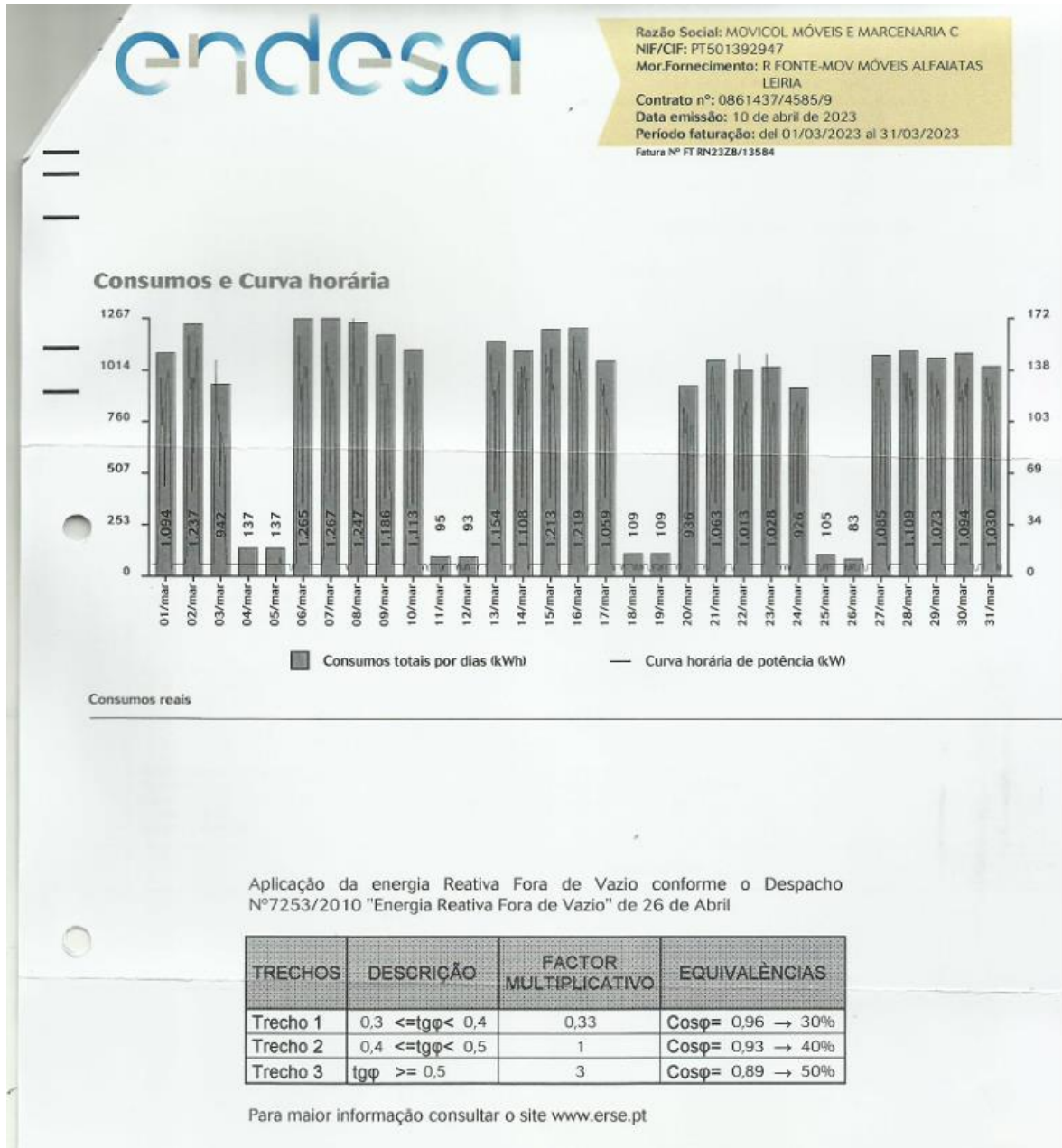
Fevereiro



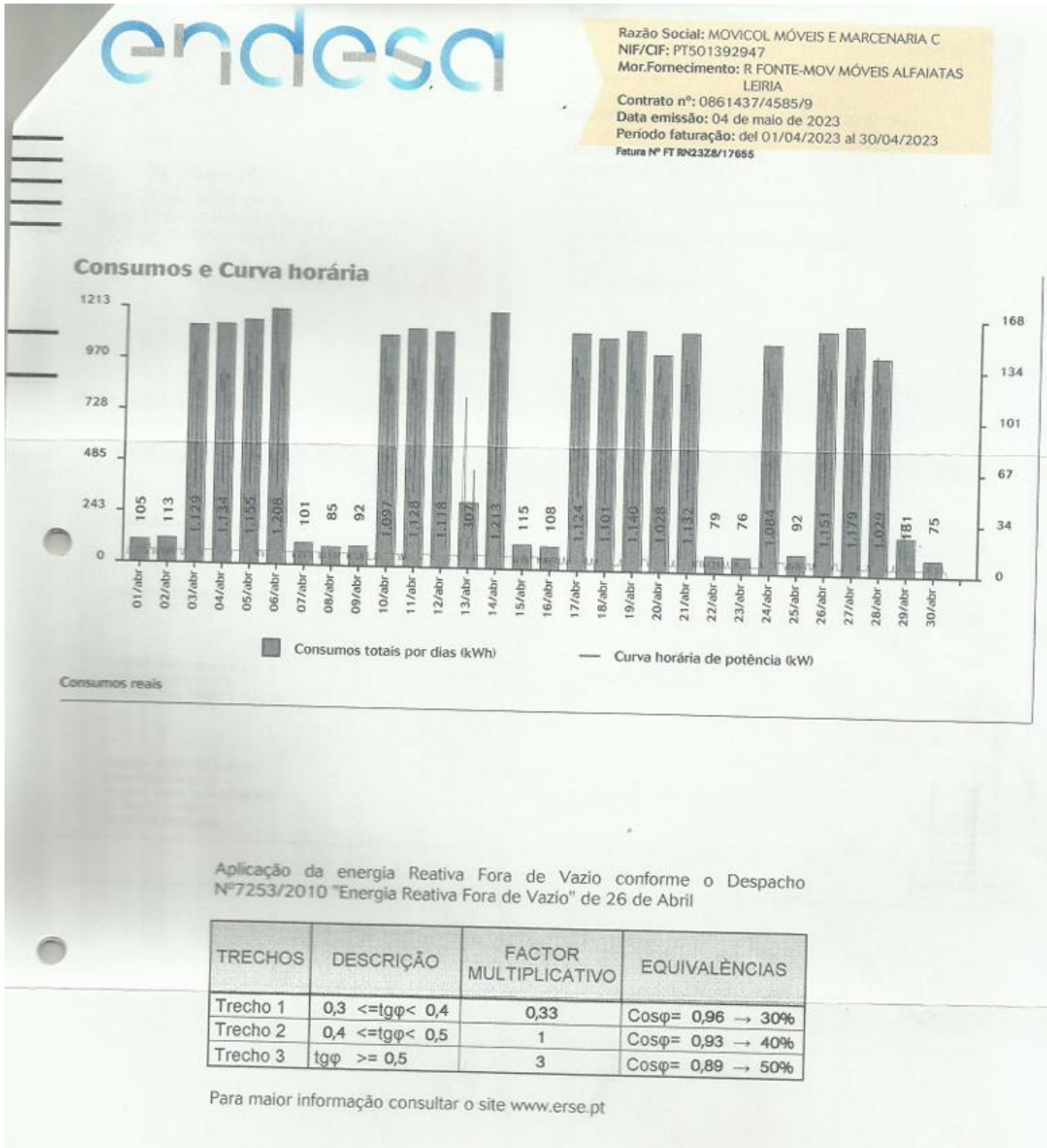
Março



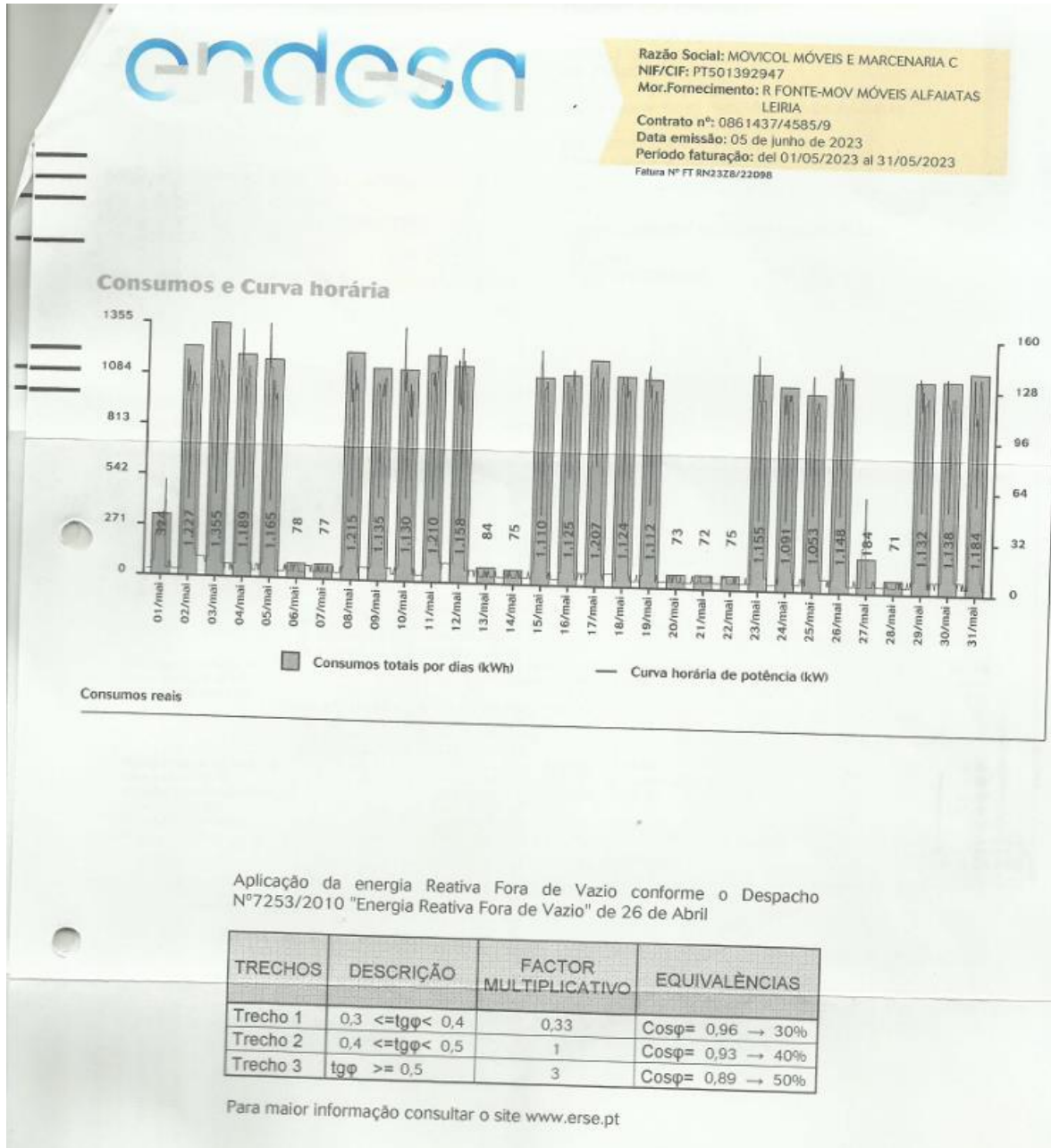
Março



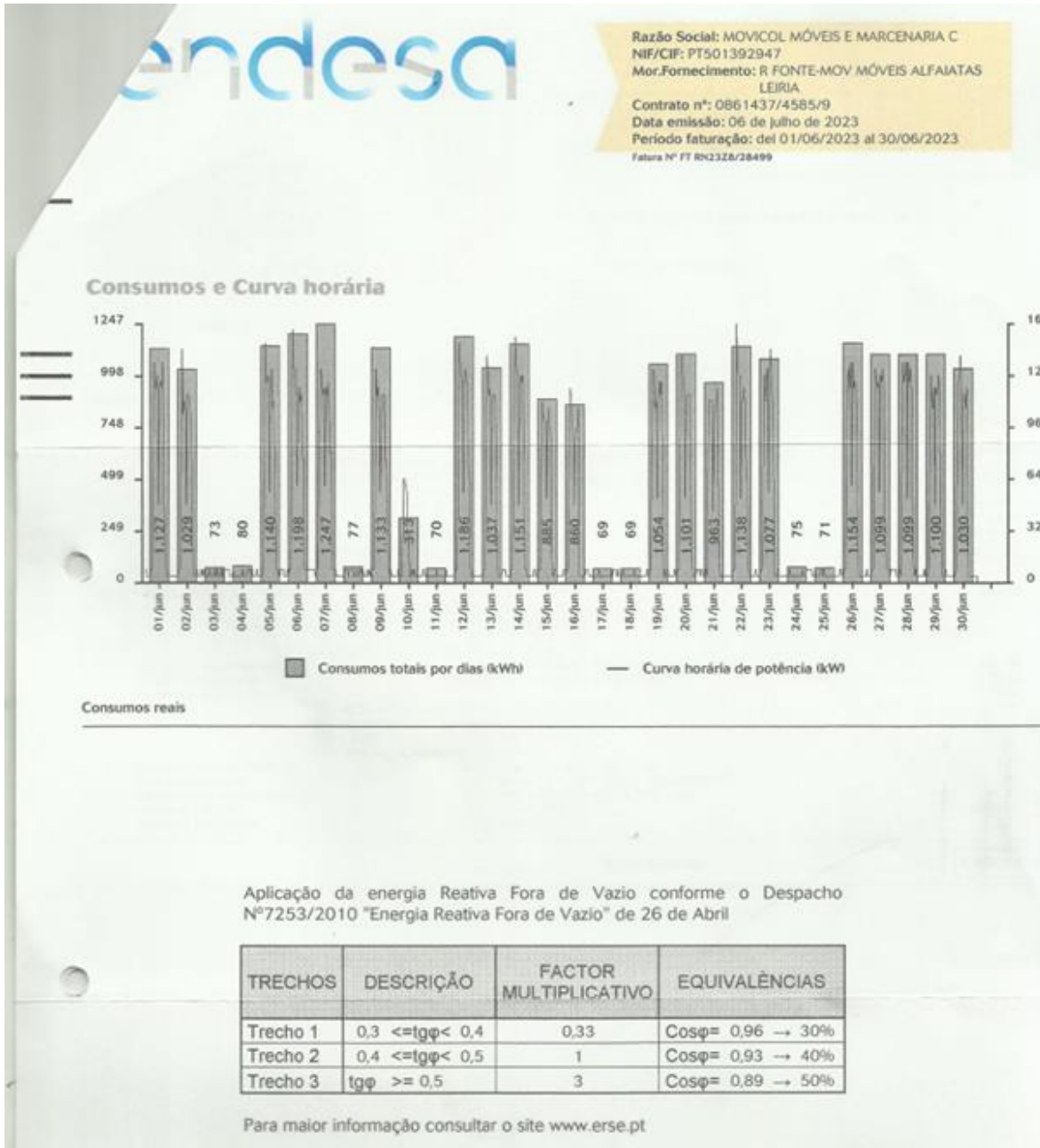
Abril



Maio



Junho

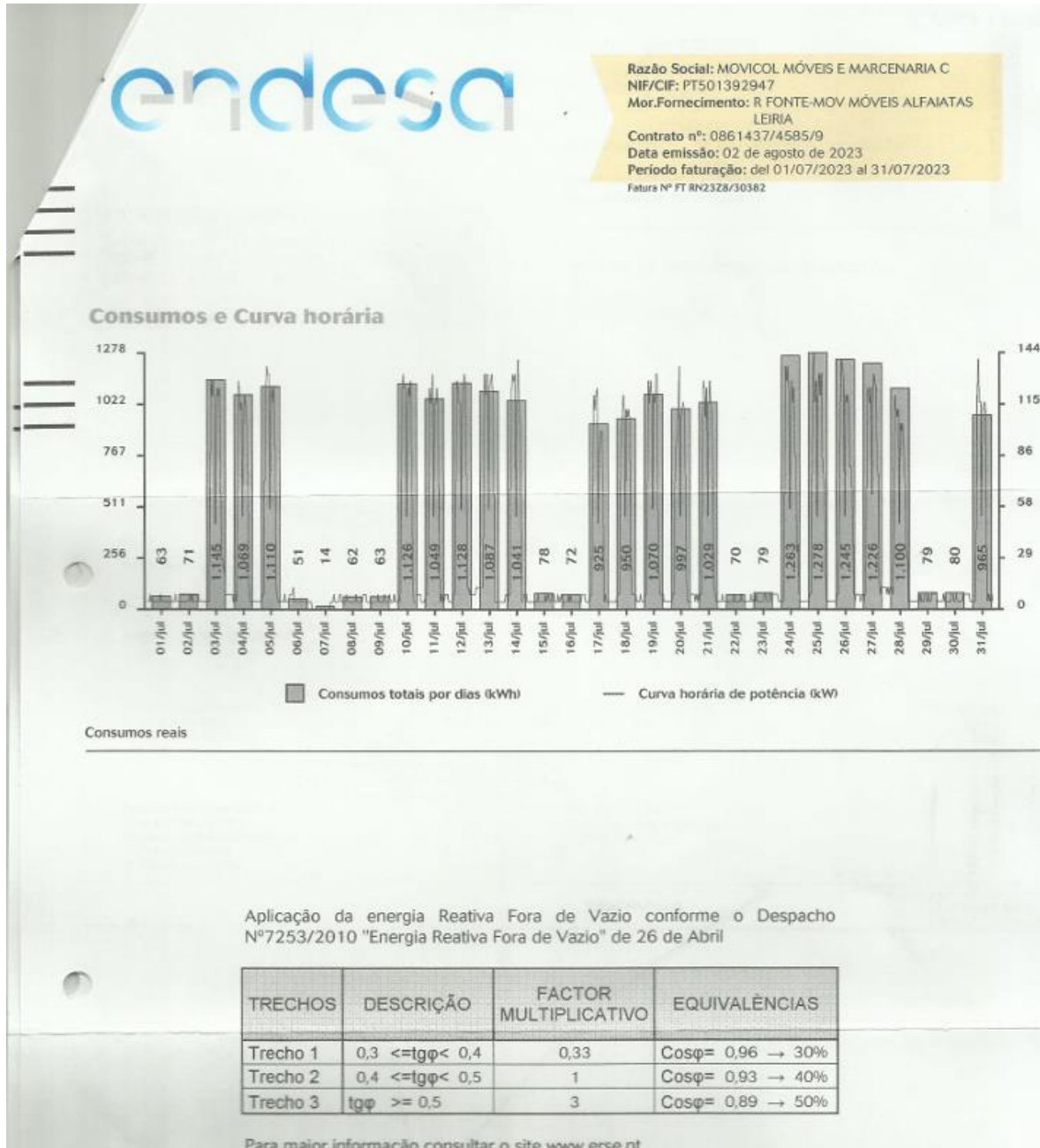


Aplicação da energia Reativa Fora de Vazio conforme o Despacho N.º7253/2010 "Energia Reativa Fora de Vazio" de 26 de Abril

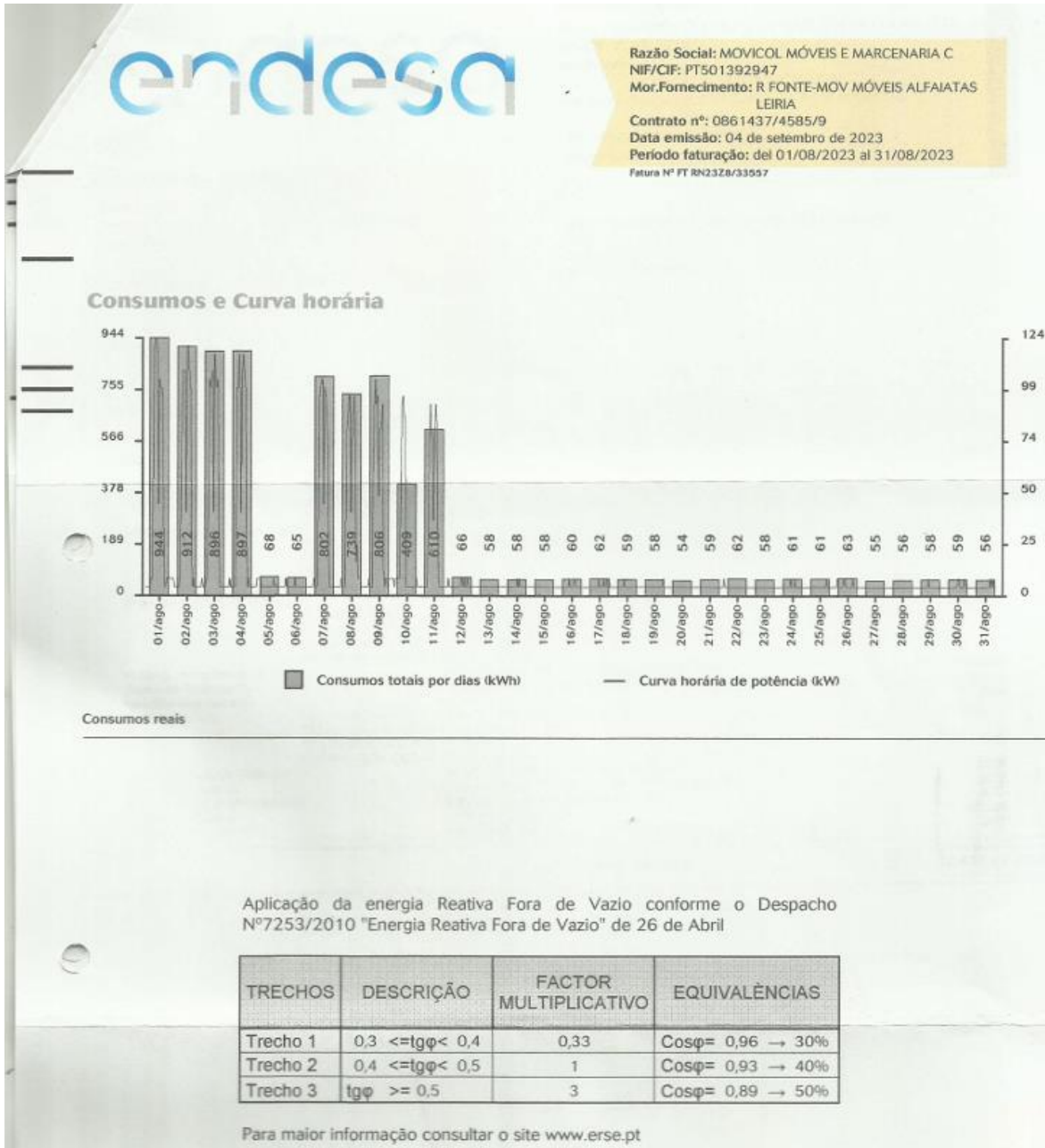
TRECHOS	DESCRIÇÃO	FACTOR MULTIPLICATIVO	EQUIVALÊNCIAS
Trecho 1	$0,3 \leq \text{tg}\phi < 0,4$	0,33	$\text{Cos}\phi = 0,96 \rightarrow 30\%$
Trecho 2	$0,4 \leq \text{tg}\phi < 0,5$	1	$\text{Cos}\phi = 0,93 \rightarrow 40\%$
Trecho 3	$\text{tg}\phi \geq 0,5$	3	$\text{Cos}\phi = 0,89 \rightarrow 50\%$

Para maior informação consultar o site www.erse.pt

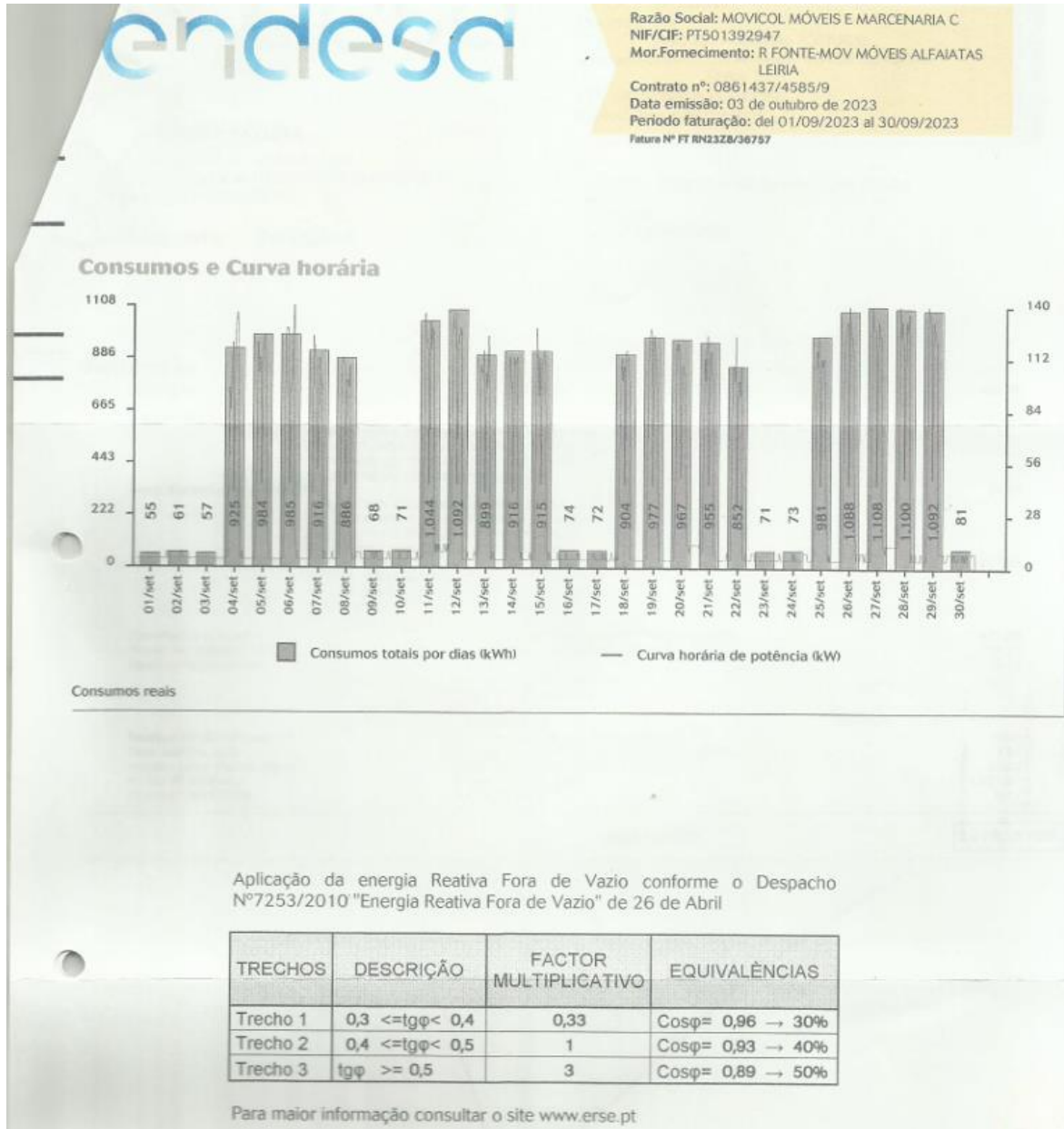
Julho



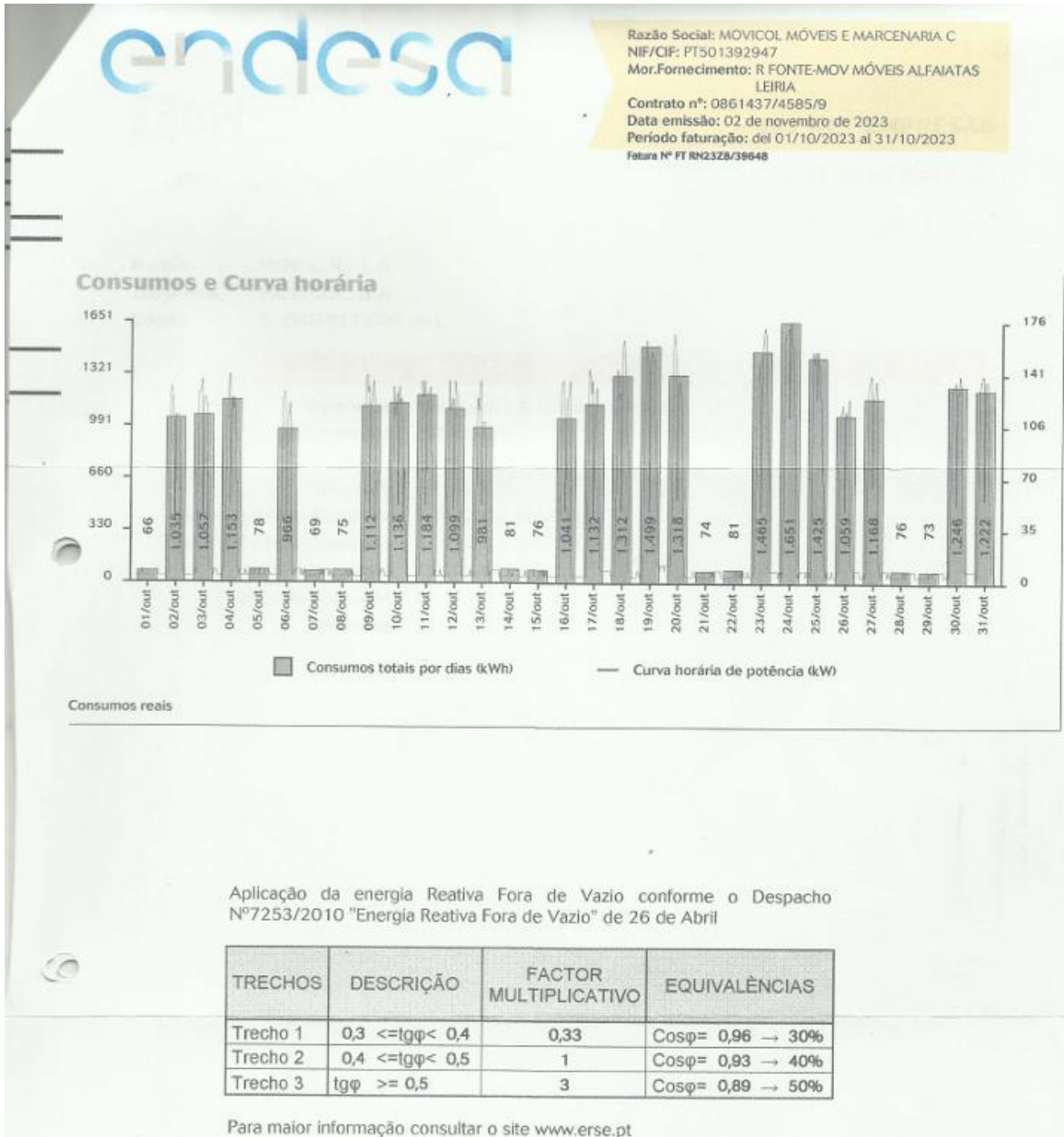
Agosto



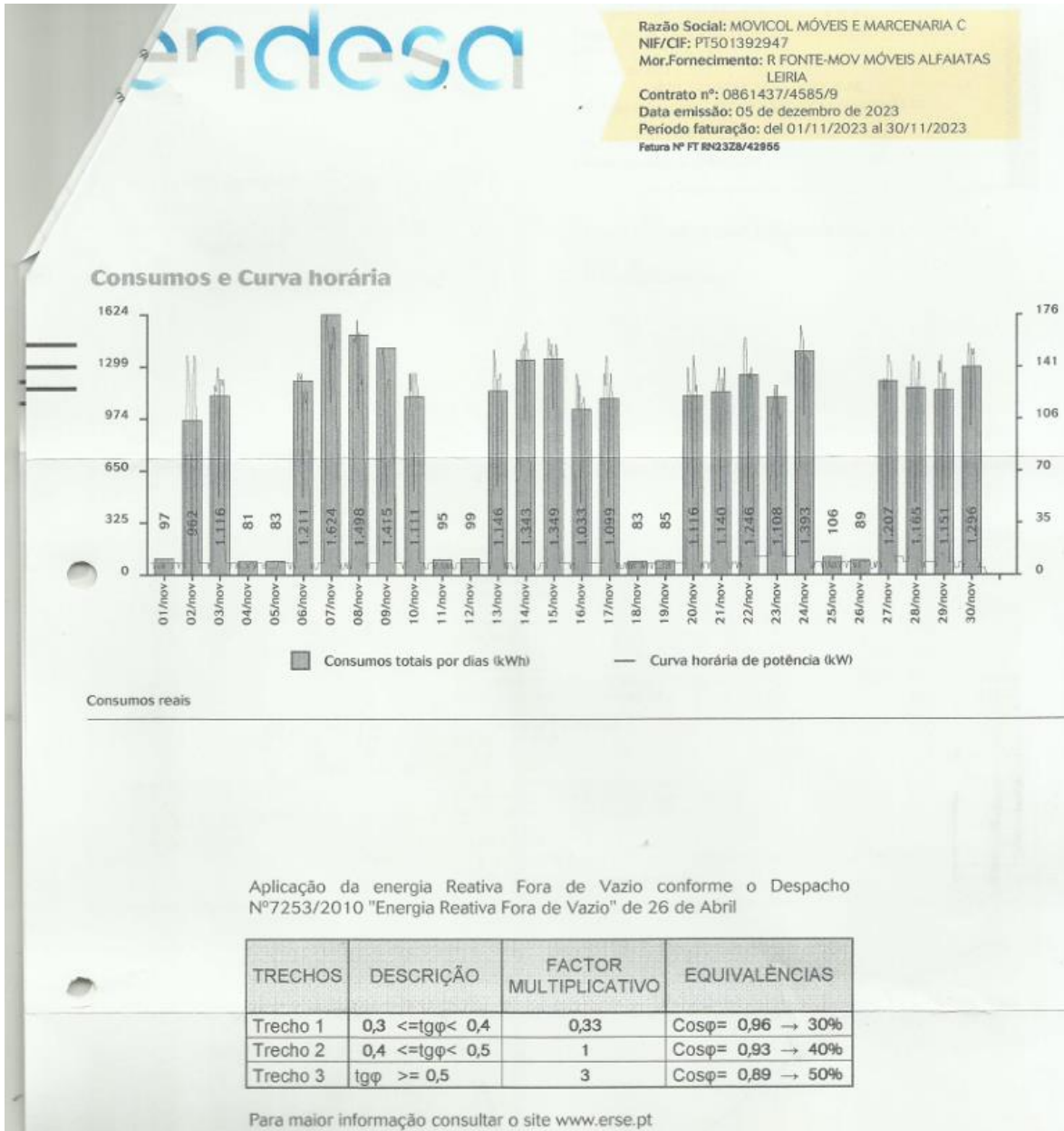
Setembro



Outubro



Novembro



Dezembro

