



Criação de um sistema de apoio à decisão para instalação fotovoltaica com base na análise pormenorizada do perfil do consumidor

JOSÉ MIGUEL AIRES VAU

julho de 2025

**Criação de um sistema de apoio à decisão para
instalação fotovoltaica com base na análise
pormenorizada do perfil do consumidor**

José Miguel Aires Vau

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica, Área de Especialização em
Sistemas Elétricos de Energia**

Orientador: Rui Filipe Marques Chibante, Docente, ISEP

Orientador Empresa: Eng. Orlando Menezes // OE - 69821

Júri:

Presidente:

Fernando Maurício T. Sousa Dias, Docente, ISEP

Vogais:

António Carvalho Andrade, Docente, ISEP

Rui Filipe Marques Chibante, Docente, ISEP

Dedicatória

à minha mulher, pelo suporte incondicional nesta etapa.

Resumo

A tentativa generalizada de uniformizar os sistemas de apoio à decisão para investimentos em tecnologia fotovoltaica impede, muitas vezes, que os utilizadores finais tenham acesso a soluções verdadeiramente personalizadas. Esta limitação compromete não só a capacidade de corresponder às expectativas dos clientes, como também, de forma mais crítica, a precisão na projeção do retorno do investimento com base em dados históricos de consumo.

A energia solar de base fotovoltaica tornou-se um dos eixos centrais da transformação energética global, contribuindo de forma significativa para a redução da pegada carbónica e para a diversificação do *mix* energético. Ainda assim, a sua integração em contextos domésticos e empresariais levanta vários desafios — desde a dificuldade em adaptar soluções às particularidades dos perfis de consumo, até à elaboração de propostas que conciliem viabilidade técnica com sustentabilidade económica.

Em Portugal, os avanços têm sido notórios: segundo dados da REN, a 5 de setembro de 2024, a produção de eletricidade proveniente de sistemas fotovoltaicos atingiu 3,99 TWh, superando já o total registado em todo o ano de 2023 — e isto em apenas nove meses. No plano internacional, a energia solar vive um crescimento explosivo: a capacidade instalada mundial ultrapassou os 2 terawatts, com a China, os EUA e a Índia a ocuparem posições de liderança. O contraste temporal é revelador — foram precisas quase sete décadas para alcançar o primeiro TW (entre 1954 e 2022), mas bastaram dois anos adicionais para duplicar esse valor. Esta evolução acelerada deve-se, em grande medida, à implementação de políticas públicas favoráveis e à queda acentuada dos custos dos equipamentos.

A necessidade de um sistema de apoio à decisão eficaz e centrado no utilizador surge das ineficiências frequentemente observadas nas instalações fotovoltaicas domésticas. Um sistema com estas características deve considerar dados históricos de consumo detalhados, condições solares regionais e variáveis específicas de cada cliente. Este projeto procura responder a essa lacuna, através do desenvolvimento de uma ferramenta que forneça soluções personalizadas e orientadas por dados — assegurando, assim, a viabilidade económica e uma maior satisfação do utilizador.

Palavras-chave: Sistemas Fotovoltaicos, Consumo de Energia, Ferramenta de Apoio à Decisão, Energia Solar, Análise de Investimento, Soluções Personalizadas.

Abstract

The widespread attempt to standardize decision support systems for photovoltaic investment often prevents end users from accessing truly customized solutions. This limitation undermines not only the ability to meet client expectations but also, more critically, the accuracy of projecting project payback based on historical consumption data.

Photovoltaic solar energy has become a central pillar of the global energy transition, playing a key role in reducing carbon emissions and diversifying the energy mix. Nevertheless, its integration into residential and commercial settings continues to pose several challenges — from the difficulty of tailoring solutions to specific consumption patterns, to the development of proposals that balance technical feasibility with economic sustainability.

In Portugal, progress has been notable: according to data from REN, by 5 September 2024, electricity generation from photovoltaic systems had reached 3.99 TWh — already exceeding the total recorded for the entire year of 2023, and this in just nine months. On a global scale, solar power is experiencing exponential growth: installed capacity has surpassed 2 terawatts, with China, the United States, and India leading the market. The timeline speaks volumes — it took nearly seven decades to reach the first TW (from 1954 to 2022), but only two additional years to double it. This accelerated development has been largely driven by supportive public policies and a sharp decline in equipment costs.

The need for an effective and user-oriented decision support system arises from the inefficiencies frequently observed in domestic PV installations. Such a system must consider detailed historical consumption data, regional solar conditions, and customer-specific variables. This project aims to address this gap by developing a tool that delivers personalized, data-driven solutions—ensuring both economic viability and enhanced user satisfaction.

Keywords: Photovoltaic Systems, Energy Consumption, Decision Support Tool, Solar Energy, Investment Analysis, Customized Solutions.

Agradecimentos

Agradecer à EngiGreen na pessoa do Eng. Orlando Aires pelo suporte. Agradecer também ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, em particular ao meu orientador, o Dr. Rui Chibante. Por fim agradecer também à minha entidade patronal por todas as facilidades concedidas neste período de maior ausência da minha parte.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Curto Prazo	2
1.2.2	Longo Prazo	2
1.2.3	Do Ponto de Vista do Cliente	2
1.2.4	Do Ponto de Vista da Empresa	3
1.3	Metodologia e Calendarização	3
1.3.1	Metodologia e Ferramentas a utilizar	3
1.3.2	Calendarização	4
1.4	A empresa	4
1.5	Estado da Arte	5
1.5.1	A Energia Fotovoltaica	5
1.5.2	Aplicações da Energia FV	6
1.5.3	Componentes de um Sistema FV	7
1.5.4	Diferentes Tecnologias FV	7
1.5.5	Softwares de Dimensionamento Fotovoltaico	8
1.6	Conclusão	10
2	Desenvolvimento da Ferramenta	11
2.1	Recolha de dados	11
2.2	Cálculo do consumo detalhado	14
2.2.1	MÉDIA EXPOSIÇÃO SOLAR	15
2.2.2	MÉDIA NAS HORAS DE MAIOR PRODUÇÃO SOLAR	16
2.2.3	MÉDIA NAS HORAS DE MAIOR CONSUMO	17
2.2.4	CONSUMO vs SOLAR	18
2.2.5	MÉDIA DA SOMA DIÁRIA DE CONSUMO NAS HORAS DE MAIOR PRODUÇÃO SOLAR	19
2.2.6	CONSUMO MÁXIMO no PERÍODO DE MAIOR PRODUÇÃO SOLAR	20
2.3	Cálculo do Aproveitamento e Retorno do Investimento	21
2.3.1	Criação dos Kits	21
2.3.2	Cálculo do Aproveitamento e Valorização	22
2.4	Formulação da Proposta Personalizada	23
2.4.1	Tipos de proposta personalizada	24
3	Resultados e Discussão	27
3.1	Comparação de Resultados	27
3.2	Trabalhos Futuros	30
4	Conclusões	33
5	Referências	35
6	ANEXOS	37

Lista de Figuras

Figura 1 – Extração de dados do ano 2024	12
Figura 2 – Mensagem de Exportação em Curso.....	12
Figura 3 – Excel com extração de consumos do ano 2024	13
Figura 4 – Registo no software dos dados de consumo copiados	14
Figura 5 – Tabela maestra com dados do consumo.....	15
Figura 6 – Horas do nascer e pôr do sol para cada mês do ano	16
Figura 7 – Página inicial de modelo proposta	24
Figura 8 – Modelo do tipo de proposta	24
Figura 9 – Quadro resumo de propostas	25
Figura 10 – Pedido de leituras contador	27
Figura 11 – Dados de consumo dos últimos 12 meses	28
Figura 12 – Resumo proposta obtido pela ferramenta comercial	28
Figura 13 – Detalhe dos 3 tipos de proposta obtida.....	28
Figura 14 – Curva de produção/consumo típica	29

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Calendarização das tarefas.....	4
Tabela 2 – Comparação entre diferentes tecnologias FV	8
Tabela 3 - Intervalo de horas de maior produção solar para cada mês do ano	17
Tabela 4 - Intervalo de horas de maior consumo para cada mês do ano	18
Tabela 5 - Percentagem de aproveitamento de produção solar	19
Tabela 6 - Valores mensais médios da soma dos consumos nas horas de pico solar.....	20
Tabela 7 - Valor mensal máximo de consumo registado, por período de 15 min	21
Tabela 8 - Resumo das características dos kits	22
Tabela 9 – Resumo da % de aproveitamento/desperdício dos kits.....	22
Tabela 10 - Comparação entre Ferramenta EngiGreen e Ferramenta Comercial	29

Acrónimos e Símbolos

Lista de Acrónimos

CdTe Telureto de Cádmio

CIGS Disseleneto de Cobre-Índio-Gálio

DGEG Direção-Geral de Energia e Geologia

FV Fotovoltaico

IRS Imposto sobre o Rendimento das Pessoas Singulares

kWh Quilowatt-hora

OE Ordem dos Engenheiros

PAES Programa de Apoio a Edifícios Mais Sustentáveis

PVSYST Software de Simulação Fotovoltaica

REN Rede Elétrica Nacional

TIR Taxa Interna de Rentabilidade

V2G Vehicle-to-Grid

VEN Veículo Emissões Nulas

1 Introdução

1.1 Contextualização

A tentativa de uniformização dos sistemas de apoio à decisão para o investimento em tecnologia fotovoltaica impede o consumidor final de ter um produto verdadeiramente customizado. Essa limitação compromete a capacidade de atender às expectativas do cliente e, mais importante, de projetar realisticamente, com base em dados históricos, o *payback* do projeto.

A energia solar fotovoltaica tem-se destacado como uma das principais alternativas para a transição energética em vários países, sendo vista como uma solução para a redução de emissões de gases de efeito estufa e a diversificação da matriz energética. No entanto, a adoção dessa tecnologia no âmbito residencial e comercial enfrenta desafios relacionados à compreensão das necessidades específicas dos consumidores e à elaboração de soluções financeiras viáveis.[1]

A cinco de setembro de 2024, segundo dados da REN, Portugal atingiu um marco significativo ao terem sido gerados 3,99 TWh de energia solar fotovoltaica em pouco mais de 9 meses, o que ultrapassa a totalidade da produção do ano de 2023. No cenário global, a capacidade instalada ultrapassou os 2 TW, destacando a China, os Estados Unidos e a Índia como os maiores mercados. Foram necessários 68 anos, entre 1954 e 2022, para atingir o primeiro TW de potência instalada, em apenas 2 anos esse número dobrou. Esses números refletem o recente crescimento da tecnologia fotovoltaica impulsionado por políticas públicas favoráveis e pela redução nos custos dos equipamentos fotovoltaicos.

A necessidade de um sistema de apoio à decisão eficaz surge pelo evidente “desperdício” que o consumidor comum obtém das instalações fotovoltaicas domésticas e deve levar em consideração dados históricos detalhados de consumo de energia, condições climáticas regionais e as características específicas de cada cliente [2]. Este projeto procura responder à necessidade de soluções personalizadas que garantam tanto a viabilidade econômica quanto a satisfação dos consumidores.

1.2 Objetivos

Este capítulo apresenta os objetivos fundamentais deste projeto, categorizados de forma a abordar as diferentes perspectivas e metas a serem alcançadas. Inicialmente, destacam-se os objetivos de curto prazo, que visam a criação de uma ferramenta prática e personalizada para suporte à decisão, com impacto direto na eficiência interna e na experiência do cliente. Em seguida, os objetivos de longo prazo exploram como a solução proposta pode consolidar a confiança e reputação da empresa no mercado.

Adicionalmente, são introduzidos objetivos sob a ótica do cliente, com foco em fornecer planos de negócios detalhados e cenários financeiros projetados com precisão. Por fim, a visão da empresa é apresentada, evidenciando metas como o aumento da eficiência operacional, a expansão de mercado e a consolidação de sua posição como referência no setor de energia renovável. Essa abordagem integrada assegura que todas as partes interessadas sejam contempladas e beneficiadas pelo sistema a ser desenvolvido.

1.2.1 Curto Prazo

Desenvolver uma ferramenta prática e intuitiva, totalmente personalizada, que a empresa pode utilizar para fornecer projetos de instalação e ofertas financeiras otimizadas. Esta ferramenta deve melhorar a satisfação do cliente e a eficiência interna da empresa.

Para isso, a ferramenta utilizará uma interface amigável que permita a inserção de dados pelo consumidor ou pela área comercial da empresa. Além disso, serão projetados cenários de consumo e retorno financeiro, considerando os custos iniciais, manutenção e variações das tarifas de energia.

1.2.2 Longo Prazo

Fortalecer o reconhecimento pelos clientes da competência e fiabilidade da empresa em cumprir os dados fornecidos no plano de negócio, consolidando a confiança e a reputação da organização no mercado.

Este objetivo será atingido através de um compromisso com a precisão nas previsões e pela constante atualização do sistema, com base em feedbacks dos usuários e mudanças regulatórias. A comprovação, através de comparação, dos dados inicialmente projetados ao longo dos projetos será a forma de validar e avaliar a ferramenta no futuro.

1.2.3 Do Ponto de Vista do Cliente

O cliente receberá um plano de negócios gerado diretamente pela ferramenta, detalhando com precisão o investimento necessário e apresentando dois cenários possíveis: um mais otimista e outro menos otimista, sobre o potencial de retorno do investimento.

A ferramenta englobará ainda variáveis como os custos de eletricidade, manutenção dos equipamentos e variações no consumo (p.e. compra de VEN).

1.2.4 Do Ponto de Vista da Empresa

Melhoria na Eficiência Operacional

A ferramenta permitirá uma maior agilidade e precisão na elaboração de propostas comerciais, reduzindo o tempo necessário para preparar análises detalhadas e cenários personalizados. Isso resultará numa economia de tempo, permitindo que a empresa responda a um número maior de clientes sem comprometer a qualidade do serviço.

Aumento das Vendas

Com planos de negócios detalhados e personalizados, a empresa terá uma oferta mais atrativa e competitiva, aumentando a probabilidade de fechar contratos. A capacidade de demonstrar claramente o retorno do investimento para cada cliente é um fator importante no processo de venda.

Diferenciação no Mercado

A implementação de uma solução tecnológica inovadora irá dar uma vantagem competitiva à empresa no mercado de energia solar.

Melhoria no Relacionamento com os Clientes

Ao fornecer informações claras e precisas sobre os projetos, a empresa irá fortalecer a relação com os clientes, promovendo confiança e fidelização. Essa abordagem também aumenta a probabilidade de recomendações e de novos negócios a partir de indicações.

1.3 Metodologia e Calendarização

1.3.1 Metodologia e Ferramentas a utilizar

Primordialmente a ferramenta a utilizar será o *Microsoft Excel*, não por ser a melhor ferramenta para o efeito, mas por ser a nível académico a mais fácil de programar e implementar dada a limitação de orçamento e também os prazos a cumprir. Como referido anteriormente o objetivo é criar uma ferramenta intuitiva que permita com poucos inputs manuais calcular e formalizar uma proposta de investimento para um determinado cliente.

Sucintamente a ideia passará por carregar os dados de consumo do cliente nos últimos 12 meses e pedir à ferramenta uma proposta otimizada de potência solar fotovoltaica a instalar. A ferramenta será alimentada por uma base de dados (em constante atualização) com: custos de mão-de-obra, manutenção, deslocações, equipamentos, entre outros para um maior rigor no cálculo da proposta de investimento. O objetivo é claro e passa por fornecer aos clientes uma visão inequívoca do seu investimento.

A metodologia a adotar será dividida em 5 etapas:

1. Levantamento de Requisitos: Identificação das necessidades da empresa e dos consumidores finais através de consultas internas, entrevistas, trocas de email, etc...
2. Recolha e Tratamento de Dados: Compilação de dados históricos de consumo, tarifas energéticas, custos de instalação e valor dos equipamentos.
3. Desenvolvimento da Ferramenta: Criação do protótipo de ferramenta com algoritmos de cálculo financeiro e preditivo.
4. Simulação e Validação: Avaliação da precisão dos resultados gerados pela ferramenta através da comparação com cenários reais de instalações feitas anteriormente pela empresa.
5. Implementação e Formação: Integração da ferramenta na rotina da empresa e formação sobre como usar a mesma para o futuro.

1.3.2 Calendarização

A proposta de calendarização de acordo à metodologia proposta no ponto anterior é a seguinte:

Tabela 1 – Calendarização das tarefas

Etapa	01/2025	02/2025	03/2025	04/2025	05/2025	06/2025
1. Levantamento de Requisitos	X					
2. Recolha e Tratamento de Dados		X	X			
3. Desenvolvimento da Ferramenta			X	X	X	
4. Simulação e Validação				X	X	
5. Implementação e Formação					X	X

1.4 A empresa

A Engigreen, Unipessoal Lda é uma empresa portuguesa fundada em 9 de maio de 2019, com sede na Rua do Pombal, nº 61, 4910-139 Vilarelho, Caminha, Viana do Castelo. O CEO é o Engenheiro Orlando Menezes. A empresa está registada sob o NIF 515479640.

A Engigreen atua principalmente no setor da construção civil, com foco em:

Construção de edifícios residenciais e não residenciais: Inclui construção, ampliação, reparação e restauro de diversos tipos de edifícios.

Instalação elétrica: Abrange instalação e reparação de sistemas elétricos em edifícios.

Instalação de canalizações: Envolve instalação e reparação de redes de água, gás e esgotos, entre outras.

Instalação de climatização: Inclui instalação, manutenção e reparação de sistemas de aquecimento, ventilação, refrigeração ou climatização em edifícios.

Energias Renováveis: A Engigreen especializou-se no mercado das energias renováveis com particular ênfase na energia fotovoltaica. A título de curiosidade a empresa instalou, no ano de 2023, aproximadamente 100 kW de potência fotovoltaica distribuída por mais de 30 edifícios.

A empresa está certificada, pela CERTIF, para serviços de instalação, reparação, manutenção ou assistência técnica e desmantelamento de equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor. A empresa possui ainda validação da DGEG e do portal CASA+, para intervenções fotovoltaicas e soluções de aquecimento respetivamente. Além disso, a Engigreen é fornecedora autorizada no âmbito do programa "Vale Eficiência" e "PAES", iniciativas do Fundo Ambiental que visam promover a eficiência energética.

Para contato, a Engigreen disponibiliza o número de telefone 964011204 e o e-mail engigreen.unipessoal@gmail.com.

1.5 Estado da Arte

1.5.1 A Energia Fotovoltaica

A tecnologia fotovoltaica remonta ao efeito fotoelétrico, descoberto em 1839 pelo físico francês Alexandre Edmond Becquerel. No entanto, apenas em 1954, a primeira célula solar prática foi desenvolvida nos Laboratórios Bell, utilizando silício monocristalino. Essa inovação marcou o início da utilização de células solares em aplicações comerciais e científicas, como satélites espaciais nos anos 1960.

Durante as décadas de 1970 e 1980, crises energéticas impulsionaram investimentos em pesquisa e desenvolvimento de energias renováveis. A introdução de células solares mais eficientes e baratas, como as de filme fino, contribuiu para a ampliação do mercado. Entre 2000 e 2020, o setor FV experimentou um crescimento exponencial devido à redução nos custos de fabricação e ao suporte de políticas públicas favoráveis, como subsídios e incentivos fiscais.[3]

Atualmente, a tecnologia fotovoltaica encontra-se em sua terceira geração, que inclui materiais emergentes, como perovskitas e células bifaciais, que prometem aumentar ainda mais a

eficiência e reduzir os custos de produção. Historicamente, o desenvolvimento dessa tecnologia passou por várias fases:

Princípio de Funcionamento: Baseia-se no efeito fotoelétrico, onde materiais semicondutores libertam elétrons ao serem expostos à radiação solar, gerando corrente elétrica.

Primeira Célula Solar Moderna: Desenvolvida em 1954 pelos Laboratórios Bell, com eficiência de aproximadamente 6%.

Aplicações Iniciais: Utilizada em satélites e dispositivos espaciais nos anos 1960.

Redução de Preços: A partir dos anos 1970, houve uma significativa diminuição nos custos, impulsionando o uso terrestre.

Aperfeiçoamento Tecnológico: Avanços contínuos aumentaram a eficiência e reduziram os custos de produção.

1.5.2 Aplicações da Energia FV

A energia FV transcende o simples fornecimento de eletricidade residencial, abrangendo uma vasta gama de aplicações que se destacam pela sua versatilidade e impacto positivo em diversas situações desde áreas remotas até sistemas integrados à rede elétrica, a tecnologia FV desempenha um papel crucial na promoção da sustentabilidade e no acesso à energia.

Com a crescente redução de custos e avanços tecnológicos, os sistemas fotovoltaicos tornaram-se soluções viáveis para atender às necessidades energéticas de populações, indústrias e sistemas de infraestrutura crítica. Seja para alimentar dispositivos isolados, garantir eletrificação rural ou sustentar operações de telecomunicações, a energia FV demonstrou e demonstra a sua adaptabilidade e eficácia.

Algumas das aplicações da energia fotovoltaica são:

Telecomunicações e Sinalização: Fornecimento de energia para torres de comunicação e sinalização remota.

Dispositivos Isolados: Alimentação de equipamentos em locais sem acesso à rede elétrica.

Eletrificação Rural: Fornecimento de eletricidade para comunidades isoladas.

Sistemas de Bombagem: Utilizados em irrigação e abastecimento de água.

Transporte e Navegação Marítima: Aplicações em veículos e embarcações.

Conexão à Rede: Produção distribuída de energia elétrica.

1.5.3 Componentes de um Sistema FV

Os sistemas FV são compostos por uma série de componentes interligados, cada um desempenhando um papel essencial na captação, conversão e transmissão da energia solar. Esses elementos trabalham em conjunto para garantir o funcionamento do sistema, seja ele utilizado em aplicações residenciais, comerciais ou industriais.

Além da função básica de gerar energia, os componentes de um sistema FV são projetados para otimizar o desempenho, garantir a segurança e facilitar a integração com outras fontes de energia ou redes elétricas existentes. Os componentes principais de um sistema FV são:

Painéis Solares Fotovoltaicos: Conjunto de células que captam a luz solar e produzem uma corrente contínua.

Inversores: Convertem a corrente contínua produzida pelas células FV em corrente alternada.

Condutores Elétricos: Toda a cabelagem necessária para conectar/integrar o sistema FV na rede elétrica.

1.5.4 Diferentes Tecnologias FV

Atualmente, a tecnologia fotovoltaica encontra-se na denominada “terceira geração”, que inclui materiais emergentes, como perovskitas e células bifaciais, que prometem aumentar ainda mais a eficiência e reduzir os custos de produção.[4]

Os tipos de tecnologias fotovoltaicas podem ser divididos em:

Silício Monocristalino: Caracteriza-se pela sua alta eficiência, geralmente acima de 20% mas apresenta um maior custo. É ideal para aplicações em áreas limitadas.

Silício Policristalino: Menor custo de produção, mas com eficiência ligeiramente inferior ao monocristalino.

Células de Filme Fino: Utilizam materiais como telureto de cádmio (CdTe) e disseleneto de cobre-índio-gálio (CIGS). São flexíveis e leves, com custo reduzido, mas menor eficiência.

Perovskitas: Representam uma tecnologia emergente com potencial de eficiência superior a 30% em laboratórios, embora existam ainda desafios por ultrapassar como a estabilidade dos materiais ao longo do tempo.

Células Bifaciais: Captam luz em ambas as faces do painel, aumentando o potencial de produção de energia em até 30% em condições ideais.

De seguida, podemos consultar uma tabela que nos permite comparar as diferentes tecnologias FV:

Tabela 2 – Comparação entre diferentes tecnologias FV

Tecnologia	Eficiência Média (%)	Custo Médio (€ por Watt)	Durabilidade Estimada (anos)	Vantagens	Desvantagens
Silício Monocristalino	20-22	0,30 - 0,50	25-30	Alta eficiência, ótimo desempenho em baixa luminosidade	Custo mais elevado
Silício Policristalino	15-18	0,20 - 0,40	20-25	Custo moderado, tecnologia consolidada	Menor eficiência comparado ao monocristalino
Filme Fino (CdTe, CIGS)	10-12	0,10 - 0,30	15-20	Leve, flexível, custo reduzido	Menor eficiência, pode ocupar mais espaço
Perovskitas	25-30 (laboratório)	Ainda em desenvolvimento	Ainda em avaliação	Alta eficiência potencial	Instabilidade e durabilidade ainda precisam ser melhoradas
Bifaciais	22-27 (ambos lados)	0,40 - 0,60	25-30	Maior produção em ambientes com reflexividade alta (p.e. neve)	Necessidade de instalações específicas para otimizar benefícios

1.5.5 Softwares de Dimensionamento Fotovoltaico

A necessidade, ou melhor a ideia de construir uma ferramenta capaz de fazer o dimensionamento fotovoltaico surge após a utilização de outras ferramentas existentes no mercado. Ferramentas essas que não permitem um dimensionamento personalizável cliente a cliente, apesar de serem extremamente robustas no cálculo, não o fazem considerando todos os fatores que consideramos vitais, principalmente o consumo real de energia dos últimos 12 meses. Abaixo vamos recapitular as principais ferramentas existentes nesta área.

- PVsyst

O *PVsyst* foi desenvolvido na Suíça por André Mermoud no início dos anos 1990, visando criar uma ferramenta específica para o dimensionamento e a simulação de sistemas fotovoltaicos.

Desde então, tornou-se um dos softwares mais utilizados no setor solar. Até aos dias de hoje sofreu diversas atualizações o que resultou num conjunto abrangente de funcionalidades que permitem dimensionar projetos de pequena e grande escala.

Desvantagens: Cálculo genérico de payback não oferece valores fidedignos; dimensionamento feito com base em períodos de maior consumo; custo elevado de subscrição.

- *Solarius PV*

Criado pela ACCA Software, o *Solarius PV* é uma ferramenta desenvolvida para simplificar o planeamento e a análise de projetos fotovoltaicos. O *software* destacou-se pela interface amigável e conformidade com regulamentações locais. Seu desenvolvimento contínuo inclui a integração de análises económicas e técnicas, tornando-o uma solução prática para pequenas e médias instalações solares.

Desvantagens: Software focado na análise de trocas de energia com a rede; dimensionamento feito com base em período de maior consumo; carência de dados de retorno económico.

- *SolarEdge Designer*

O *SolarEdge Designer* foi lançado como uma extensão das soluções da empresa *SolarEdge*, líder em inversores fotovoltaicos. Projetado para ser uma plataforma on-line gratuita, tem como foco otimizar o design e os custos de sistemas fotovoltaicos.

Desvantagens: Software focado no design/colocação dos painéis; não oferece dados de retorno económico.

- *PV*Sol*

Desenvolvido pela Valentin Software na Alemanha, o PVSOL é um dos principais softwares de simulação dinâmica para sistemas fotovoltaicos. Criado inicialmente para ajudar a dimensionar sistemas fotovoltaicos o software evoluiu ao longo das décadas para incluir funcionalidades avançadas, como análise de zonas de sombra em 3D e integração de sistemas de armazenamento.

Desvantagens: Software complexo; focado em colocação e dimensionamento; focado em projetos de grande escala.

Pela análise feita acima podemos confirmar que as principais carências destes softwares não são a sua robustez ou capacidade de dimensionar, mas sim a incapacidade de se ajustarem à realidade de Portugal ou ao cliente A em particular. É nesse nicho que queremos atuar e conseguir desenvolver uma ferramenta simples que nos permita claramente customizar uma solução para cada cliente e oferecer informações muito fiáveis do desenvolvimento do projeto ao longo do tempo e acima de tudo do que seu retorno económico.

1.6 Conclusão

A primeira fase deste trabalho proporcionou uma visão detalhada sobre os fundamentos e o estado atual da tecnologia fotovoltaica, bem como as suas principais aplicações e componentes. A contextualização destacou a relevância do tema na transição energética global, enquanto os objetivos delineados apontam para o desenvolvimento de uma ferramenta prática e personalizada que possa responder às necessidades específicas dos clientes da empresa.

Os capítulos abordaram a história e evolução da tecnologia fotovoltaica, evidenciando a sua trajetória de crescimento exponencial devido à redução de custos e avanços tecnológicos. Além disso, foi enfatizada a diversidade de aplicações da energia FV, desde soluções para áreas remotas até a integração com redes elétricas urbanas, e a relevância dos diferentes componentes que compõem um sistema FV.

O estudo feito até aqui também inclui uma análise comparativa das tecnologias fotovoltaicas disponíveis, demonstrando os avanços recentes e os desafios ainda a serem superados, como a estabilidade de materiais emergentes, por exemplo, as perovskitas.

Essa base sólida será essencial para o desenvolvimento da próxima fase do trabalho, que se concentrará na implementação da metodologia proposta e na criação da ferramenta propriamente dita. Assim, este relatório inicial constitui um alicerce fundamental para o trabalho futuro.

2 Desenvolvimento da Ferramenta

2.1 Recolha de dados

O principal valor que se pretende aportar com esta ferramenta é a precisão dos resultados/estudos obtidos, para tal é necessário manter esse rigor em todas as etapas do processo/estudo. A primeira, e mais morosa, parte desde estudo é a recolha de dados dos últimos 12 meses de um ano completo, ou seja 2024 conforme exemplo abaixo. Esta recolha tem de ser feita manualmente através do sítio <https://www.e-redes.pt/pt-pt> na subsecção <https://balcaodigital.e-redes.pt/> fazendo login na página do cliente através no seu NIF. Uma vez efetuado o login devemos entrar na subsecção <https://balcaodigital.e-redes.pt/consumptions/history> onde teremos de filtrar e consultar os 12 meses, um a um, da seguinte forma:

- 1- Selecionar as datas pretendidas;
- 2- Exportar Excel.

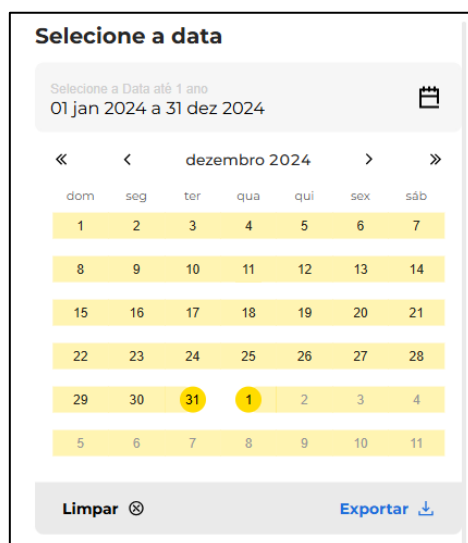


Figura 1 – Extração de dados do ano 2024

O Excel que resulta desta extração é um registo de todos os consumos medidos pelo contador do cliente com um intervalo de tempo de 15 min, ou seja, 24 horas x 4 registo por hora = 96 registo por dia ou 35040 registos por ano. Esta extração pode demorar até 24 horas a ser enviada conforme figura abaixo.



Figura 2 – Mensagem de Exportação em Curso

O ficheiro extraído é recebido devidamente ordenado por data e hora conforme abaixo:

	A	B	C	D	E
1	Dados Gerais				
2					
3	CPE	PT0002000131037585JX			
4	Data de Início	2024-01-01			
5	Data de Fim	2024-12-31			
6	Intervalo	15 min			
7					
8	Contador	Data	Hora	Consumo registrado, Ativa (kW)	Estado
9	000002100281283	2024/01/01	00:15	2,08	Real
10	000002100281283	2024/01/01	00:30	0,596	Real
11	000002100281283	2024/01/01	00:45	0,144	Real
12	000002100281283	2024/01/01	01:00	0,236	Real
13	000002100281283	2024/01/01	01:15	0,284	Real
14	000002100281283	2024/01/01	01:30	0,224	Real
15	000002100281283	2024/01/01	01:45	0,22	Real
16	000002100281283	2024/01/01	02:00	0,28	Real
17	000002100281283	2024/01/01	02:15	0,212	Real
18	000002100281283	2024/01/01	02:30	0,144	Real
19	000002100281283	2024/01/01	02:45	0,148	Real

Figura 3 – Excel com extração de consumos do ano 2024

O passo seguinte é copiar todos os dados da coluna D, começando pela linha 9. O software que abaixo se apresenta pela primeira vez já contem todas as informações de data e hora devidamente ordenada, sendo apenas necessário copiar os dados acima e colar na coluna C da folha “CONSUMO 12 MESES” começando pela linha 17.

	A	B	C
1	Nome:	José Miguel Aires Vau	
2	NIF:	216085918	
3	Morada:	Rua 31 de Janeiro, n411	
4	C. Postal:	4910-455 - Vila Praia de Âncora	
5			
6			
	Nº KIT	Potência Nominal	Pot. Total
7			
8	1	0,61	0,61
9	2	0,56	1,67
10	3	0,51	2,02
11	4	0,51	2,53
12	5	0,61	2,42
13	6	0,55	3,30
14	COLOCAR AQUI OS DADOS DE CONSUMO A CADA MINUTOS		
15	↓↓↓		
16	DIA	HORA	CONSUMO REGISTRADO (kW)
17	01/01/2024	00:15:00	2,08
18	01/01/2024	00:30:00	0,596
19	01/01/2024	00:45:00	0,144
20	01/01/2024	01:00:00	0,236
21	01/01/2024	01:15:00	0,284
22	01/01/2024	01:30:00	0,224

Figura 4 – Registo no software dos dados de consumo copiados

Uma vez que todos os dados estejam corretamente colocados na tabela do consumo será gerada a tabela maestra dos dados do consumidor.

2.2 Cálculo do consumo detalhado

Para garantir um dimensionamento preciso do sistema fotovoltaico, é essencial compreender em detalhe os padrões de consumo energético do utilizador. Assim, esta secção inicia-se com uma tabela síntese que reúne os principais indicadores mensais obtidos a partir dos dados de consumo. Esta representação estruturada serve como ponto de partida para os cálculos subsequentes, permitindo analisar a viabilidade técnica e económica das soluções propostas.

CONSUMOS / kWh							
DIAS NO MÊS	MÊS	MÉDIA EXPOSIÇÃO SOLAR	(1) MÉDIA PICO SOLAR	MÉDIA PICO CONSUMO	CONSUMO VS SOLAR	(2) SOMA/DIA PICO SOLAR	MÁXIMO PICO SOLAR
31	1	0,49	0,59	1,29	25%	15,88	6,02
28	2	0,64	0,70	0,85	25%	19,47	7,06
31	3	0,41	0,46	1,49	25%	12,32	5,80
30	4	0,34	0,38	0,47	35%	12,41	6,09
31	5	0,45	0,45	0,74	37%	15,84	4,77
30	6	0,45	0,42	0,71	41%	19,11	5,29
31	7	0,62	0,62	0,76	45%	30,51	5,48
31	8	0,65	0,71	0,71	43%	33,18	5,84
30	9	0,34	0,35	0,60	41%	15,82	5,44
31	10	0,49	0,46	1,04	37%	17,20	5,82
30	11	0,58	0,61	1,14	25%	16,50	4,49
31	12	0,58	0,61	1,32	25%	14,04	7,79

Figura 5 – Tabela maestra com dados do consumo

É esta tabela, representada na figura 5, que despoletará todas as seguintes fases e é com base nos dados nela contidos que serão feitos cálculos para a viabilidade do projeto. Importa então detalhar o significado e o método de obtenção de cada uma das colunas.

As duas primeiras colunas não carecem de uma explicação detalhada visto serem o número de dias que cada um dos meses do ano contém e o número desse mês de 1 a 12.

2.2.1 MÉDIA EXPOSIÇÃO SOLAR

2.2.1.1 O que significa?

Este valor é a média mensal do consumo deste cliente nas horas de maior exposição solar. Este valor é importante obter para percebermos a dimensão dos painéis que faz sentido aplicar, isto é, no exemplo acima o cliente tem em média um consumo de 0,49 kWh, para o mês de janeiro, o que significa que, em média, se um determinado sistema fotovoltaico estivesse a produzir 1,00 kWh, estariam a ser “desperdiçados” 0,51 kWh. Entenda-se por desperdiçados o facto de estarem a ser injetados na rede sem lucro/ vantagem para o cliente, pese embora seja benéfico para a rede e para a sua estabilidade. Toda a energia produzida é aproveitada pela rede.

2.2.1.2 Como se obtém?

Este valor é conseguido através de um cálculo com a seguinte fórmula: “=SE.ERRO(MÉDIA.SE.S(C\$17:C\$35152; D\$17:D\$35152; F16; B\$17:B\$35152; ">"&'HORAS SOL'!B2; B\$17:B\$35152; "<"&'HORAS SOL'!C2); "Sem dados")” onde é invocada uma tabela acessória, que se situa na folha “HORAS SOL”, e que é uma tabela onde estão identificadas as respetivas horas de nascer e pôr do sol para os 12 meses do ano.

MÊS	NASCER SOL	PÔR SOL
1	08:00:00	17:00:00
2	07:45:00	17:45:00
3	07:00:00	18:15:00
4	06:45:00	20:00:00
5	06:30:00	20:30:00
6	06:00:00	21:00:00
7	06:00:00	21:00:00
8	06:30:00	20:30:00
9	07:00:00	20:00:00
10	07:30:00	19:15:00
11	07:00:00	17:30:00
12	07:30:00	17:00:00

Figura 6 – Horas do nascer e pôr do sol para cada mês do ano

A fórmula acima apresentada calcula o valor médio do consumo horário nas horas de exposição solar (em kWh) por mês. Por exemplo no mês de agosto entre as 06:30h e as 20:30h foram consumido em média por hora 0,65 kWh.

2.2.2 MÉDIA NAS HORAS DE MAIOR PRODUÇÃO SOLAR

2.2.2.1 O que significa?

Este valor é a média mensal do consumo deste cliente nas horas de maior produção solar. Este valor é importante obter para percebermos a dimensão dos painéis que faz sentido aplicar, isto é, no exemplo acima o cliente tem em média um consumo de 0,59 kWh, para o mês de janeiro, o que significa que, em média, se um determinado sistema fotovoltaico estivesse a produzir 1,00 kWh, estariam a ser “desperdiçados” 0,41 kWh.

2.2.2.2 Como se obtém?

Este valor é conseguido através de um cálculo com a seguinte fórmula: “=SE.ERRO(MÉDIA.SE.S(C\$17:C\$35152; D\$17:D\$35152; F16; B\$17:B\$35152; ” =SE.ERRO(MÉDIA.SE.S(C\$17:C\$35152; D\$17:D\$35152; F16; B\$17:B\$35152; ">"&'HORAS SOL'!E2; B\$17:B\$35152; "<"&'HORAS SOL'!F2; "Sem dados")” onde é invocada uma tabela acessória, que se situa na folha “HORAS SOL”, e que é uma tabela onde estão identificadas as respetivas horas de nascer e pôr do sol para os 12 meses do ano.

Tabela 3 - Intervalo de horas de maior produção solar para cada mês do ano

MÊS	NASCER SOL	PÔR SOL
1	10:00:00	17:00:00
2	10:00:00	17:00:00
3	10:00:00	17:00:00
4	09:30:00	18:00:00
5	09:30:00	18:30:00
6	08:00:00	19:30:00
7	08:00:00	20:30:00
8	08:00:00	20:00:00
9	08:00:00	19:30:00
10	09:00:00	18:30:00
11	10:00:00	17:00:00
12	10:00:00	16:00:00

A fórmula acima apresentada calcula o valor médio do consumo horário nas horas de exposição solar (em kWh) por mês. Por exemplo no mês de setembro entre as 08:00h e as 19:30h foram consumido em média por hora 0,35 kWh.

2.2.3 MÉDIA NAS HORAS DE MAIOR CONSUMO

2.2.3.1 O que significa?

Este valor é a média mensal do consumo deste cliente nas horas de maior consumo, as horas de maior consumo correspondem ao período em que o cliente está em casa e está a utilizar maior número de eletrodomésticos. Este valor é importante obter para percebermos a dimensão dos painéis que faz sentido aplicar, isto é, no exemplo acima o cliente tem em média um consumo de 1,29 kWh, para o mês de janeiro, o que significa que, em média, se um determinado sistema fotovoltaico estivesse a produzir 1,00 kWh, estariam em falta 0,29 kWh, que teríamos de recrutar da rede elétrica diretamente.

2.2.3.2 Como se obtém?

Este valor é conseguido através de um cálculo com a seguinte fórmula: “=SE.ERRO(MÉDIA.SE.S(C\$17:C\$35152; D\$17:D\$35152; F16; B\$17:B\$35152; ">"&'HORAS SOL'!G2; B\$17:B\$35152; "<"&'HORAS SOL'!H2); "Sem dados")” onde é invocada uma tabela acessória, que se situa na folha “HORAS SOL”, e que é uma tabela onde estão identificadas as respetivas horas de nascer e pôr do sol para os 12 meses do ano.

Tabela 4 - Intervalo de horas de maior consumo para cada mês do ano

MÊS	ÍNICIO	FIM
1	18:00:00	21:00:00
2	18:00:00	21:00:00
3	18:00:00	21:00:00
4	18:00:00	21:00:00
5	18:00:00	21:00:00
6	18:00:00	21:00:00
7	18:00:00	21:00:00
8	18:00:00	21:00:00
9	18:00:00	21:00:00
10	18:00:00	21:00:00
11	18:00:00	21:00:00
12	18:00:00	21:00:00

A fórmula acima apresentada calcula o valor médio do consumo horário nas horas de exposição solar (em kWh) por mês. Por exemplo no mês de dezembro entre as 18:00h e as 21:00h foi consumido em média por hora 1,32 kWh.

2.2.4 CONSUMO vs SOLAR

2.2.4.1 O que significa?

Este valor representa a percentagem de tempo em que as horas de maior consumo se cruzam com as horas de produção solar. Ou seja, aproveitando o mês de setembro como exemplo, o maior consumo situa-se entre as 18:00h e as 21:00h e a maior produção solar se situa entre as 08:00h e as 19:30h, existe uma sobreposição de 1:30h, entre as 18:00h e as 19:30h. Este valor representa essa percentagem.

2.2.4.2 Como se obtém?

Este valor é conseguido através de um cálculo com a seguinte fórmula: “=SE.ERRO(MÉDIA.SE.S(C\$17:C\$35152; D\$17:D\$35152; F16; B\$17:B\$35152; ” =+SE(MÁXIMO(O16:P16)-MÍNIMO(Q16:R16)<0;25%;MÁXIMO(O16:P16)-MÍNIMO(Q16:R16)+35%)” onde se faz o cálculo entre o maior valor de PICO SOLAR e o menor de PICO CONSUMO. A fórmula é duplamente ajustada para 2 casos:

Caso 1: quando não existe sobreposição, típico na época de inverno, é assumido um valor mínimo de 25%.

Caso 2: quando existe sobreposição, típico na época de verão, é acrescido 35% ao valor de percentagem obtido do cálculo.

Este ajuste é feito para equilibrar os valores entre verão e inverno e é feito sob uma base de experiência profissional obtida junto da empresa EngiGreen. Este ajuste é necessário para termos uma base de trabalho com valores “mensuráveis”, caso não o fizéssemos iríamos

trabalhar com valores próximos de 0 % na maioria dos meses de inverno e valores de aproximadamente 5-10 % nos meses de verão.

Tabela 5 - Percentagem de aproveitamento de produção solar

MÊS	CONSUMO VS SOLAR
1	25%
2	25%
3	25%
4	35%
5	37%
6	41%
7	45%
8	43%
9	41%
10	37%
11	25%
12	25%

2.2.5 MÉDIA DA SOMA DIÁRIA DE CONSUMO NAS HORAS DE MAIOR PRODUÇÃO SOLAR

2.2.5.1 O que significa?

Este valor representa o valor médio da soma dos consumos nas horas de maior produção solar. Isto significa que no mês de janeiro entre as 10:00h e as 17:00h (maior produção solar) foram diariamente consumidos, em média, 15,88 kWh. Este valor é útil para percebermos o consumo real efetuado pelo cliente no momento que existe uma maior exposição solar.

2.2.5.2 Como se obtém?

Este valor é conseguido através de um cálculo com a seguinte fórmula: “=SE.ERRO(SOMA(SE.S(C\$17:C\$35152; D\$17:D\$35152; F16; B\$17:B\$35152; ">"&'HORAS SOL'!E2; B\$17:B\$35152; "<"&'HORAS SOL'!F2); "Sem dados")/E16” onde se faz a soma de todos os valores, compreendidos entre nascer e pôr do sol, para cada mês. Dividindo no final pelo valor da célula E16 (número de dias de cada mês do ano) para obter um valor médio por dia.

Tabela 6 - Valores mensais médios da soma dos consumos nas horas de maior produção solar

MÊS	(2) SOMA/HORAS DE MAIOR PRODUÇÃO SOLAR
1	15,88
2	19,47
3	12,32
4	12,41
5	15,84
6	19,11
7	30,51
8	33,18
9	15,82
10	17,20
11	16,50
12	14,04

2.2.6 CONSUMO MÁXIMO no PERÍODO DE MAIOR PRODUÇÃO SOLAR

2.2.6.1 O que significa?

Este valor representa o valor máximo de consumo registado, por período de 15 min, no contador do cliente, é um valor importante para estabelecer um teto máximo de potência necessária para a instalação do cliente. Importante analisar este valor em conjugação com o valor obtido no ponto 2.2.5. Por exemplo pegando no mês de agosto o valor de médio da soma dos consumos diários em período de maior produção solar é de 33,18 kWh, mas o máximo consumo registado foi de 5,84 kWh. O que nos indica isto? Indica que a média de consumo no período de maior produção solar é de 33,18 kWh a dividir por 12:00h, ou seja em média 1,50 kWh de consumo, o que representa menos de 25% do pico de 5,84 kWh. Se analisarmos o mês de dezembro, o valor de médio da soma dos consumos diários em período de maior produção solar é de 14,04 kWh, mas o máximo consumo registado foi de 7,79 kWh. O que nos indica isto? Indica que a média de consumo no período de maior produção solar é de 14,04 kWh a dividir por 06:00h, ou seja em média 2,34 kWh de consumo, o que representa aproximadamente 30% do pico de 7,79 kWh. Ambos valores servirão para o cálculo que a ferramenta fará de aproveitamento e desperdícios pois consegue-se perceber que o no período de maior produção solar FV o valor médio dos consumos é muito distante do valor de maior consumo, ou seja a ferramenta deverá ser capaz de sugerir uma potência instalada que vá de encontro a essa média a não ao período de maior produção solar.

2.2.6.2 Como se obtém?

Este valor é obtido através da fórmula =SE.ERRO(MÁXIMO(SE((D\$17:D\$35152=F16)*(B\$17:B\$35152>'HORAS SOL'!E2)*(B\$17:B\$35152<'HORAS SOL'!F2); C\$17:C\$35152)); "Sem dados") que extrai o valor máximo de consumo registrado para cada mês do ano.

Tabela 7 - Valor mensal máximo de consumo registrado, por período de 15 min

MÊS	MÁXIMO PERÍODO DE MAIOR PRODUÇÃO SOLAR
1	6,02
2	7,06
3	5,80
4	6,09
5	4,77
6	5,29
7	5,48
8	5,84
9	5,44
10	5,82
11	4,49
12	7,79

2.3 Cálculo do Aproveitamento e Retorno do Investimento

No subcapítulo 2.2 mostrou-se todo o detalhe de como foram obtidas as métricas associadas ao consumo, iremos agora aclarar como esses valores são utilizados para calcular o aproveitamento da instalação bem como o respetivo retorno do investimento inicial.

2.3.1 Criação dos Kits

Por sugestão da empresa EngiGreen, principalmente pela facilidade de obter desconto comercial junto dos fornecedores, foram criados “kits tipo” cujo objetivo é dispor, inicialmente, de 6 kits que abrangem uma amplitude de potência instalada que vão desde 0,6 kWp até 3,30 kWp. Cada kit gerará uma das 6 propostas base que será acompanhada de uma segunda proposta idêntica, mas com bateria. Os kits criados foram também obtidos através do aconselhamento e experiência da empresa EngiGreen e do Eng. Orlando Menezes.

Tabela 8 - Resumo das características dos kits

Nº KIT	Potência Nominal (kW)	Pot. Total (kW)	Pot * η (3) (kW)	Pot. Invers or (kW)	Pot (3) * η Inv. (kW)	Modelo Bateria
1	0,61	0,61	0,51	0,80	0,50	FOX ESS 4600 G2
2	0,56	1,67	1,42	2,00	1,39	FOX ESS 4600 G2
3	0,51	2,02	1,72	2,50	1,68	FOX ESS 4600 G2
4	0,51	2,53	2,15	2,50	2,10	FOX ESS 4600 G2
5	0,61	2,42	2,06	2,50	2,02	FOX ESS 4600 G2
6	0,55	3,30	2,81	3,30	2,75	FOX ESS 4600 G2

2.3.2 Cálculo do Aproveitamento e Valorização

Na tabela abaixo procura-se explicar a capacidade que cada kit tem de fazer face aos consumos reais do cliente em questão. Abaixo explicam-se esses valores e a respetiva forma de os obter.

Tabela 9 – Resumo da % de aproveitamento/desperdício dos kits

ESTUDO DE CENÁRIOS					
Modelo Bateria	Capacidade Armazenamento kWh	% Aprov. (1)	% Desper. (1)	% Aprov. (2)	Valorização (1) + (2)
FOX ESS 4600 G2	4,60	71%	0%	24%	53%
FOX ESS 4600 G2	4,60	100%	62%	67%	87%
FOX ESS 4600 G2	9,20	100%	69%	82%	93%
FOX ESS 4600 G2	9,20	100%	75%	100%	100%
FOX ESS 4600 G2	9,20	100%	74%	98%	99%
FOX ESS 4600 G2	9,20	100%	81%	100%	100%

2.3.2.1 % Aprov.(1)- Coluna I

Este valor representa o aproveitamento em função da potência máxima instalada e o máximo de consumo médio no período de maior produção solar. Para o kit número 1 essa potência máxima é capaz de gerar 0.50 kWh (célula F8) e o máximo de consumo médio mensal no período de maior produção solar é 0.71 kWh (célula H23), a partir desses 2 valores obtém-se uma estimativa do aproveitamento da instalação através da divisão de 0.50 kWh / 0.71 kWh = 71 % (célula I8). A fórmula detalhada utilizada é: “=SE(+F8/MÁXIMO(\$H\$16:\$H\$27)>1;1;F8/MÁXIMO(\$H\$16:\$H\$27))”

2.3.2.2 % Desper.(1)- Coluna J

Este valor representa o sobredimensionamento do sistema, isto é a quantidade de energia que potencialmente será produzida, mas não terá um consumo próprio e é calculado através da divisão entre as médias de consumo mensais durante um ano e o valor da coluna F (Pot (3) * η Inv.) para o respetivo kit. Por exemplo para o kit 4 iríamos consultar a célula F4 cujo valor é 2.10

kWh sendo a média de consumo mensal durante o ano igual a 0.53 kWh, temos então $1 - (0.53 \text{ kWh} / 2.10 \text{ kWh}) = 75\%$. A fórmula detalhada utilizada é : “=SE.ERRO(SE(1-(MÉDIA(\$H\$16:\$H\$27)/F11)<0;0;1-(MÉDIA(\$H\$16:\$H\$27)/F11));””

2.3.2.3 % Aprov.(2)- Coluna K

Este valor representa a capacidade da potência instalada em fazer face ao total de consumo médio registado mensalmente nas horas de período de maior produção solar, o método de cálculo é muito semelhante ao ponto 2.3.2.1 mas desta vez não é usado o maior consumo, mas sim a soma dos consumos ao longo das várias horas do período de maior produção solar durante um dia. A fórmula completa é dada por: “=SE.ERRO (SE(F10*HORA(MÉDIA(\$P\$16:\$P\$27) – MÉDIA (\$O\$16:\$O\$27)) / MÉDIA (\$K\$16: \$K\$27) >100%; 100%;F10*HORA(MÉDIA(\$P\$16:\$P\$27)-MÉDIA (\$O\$16:\$O\$27))/MÉDIA(\$K\$16:\$K\$27));””. Podemos analisar que para o kit 2 era possível obter um aproveitamento de 100 % da energia solar disponível para o valor em 2.3.2.1 mas apenas obtemos um aproveitamento de 67 % para este valor 2.3.2.3, quer isto dizer que o dimensionamento do kit 2 é suficiente para responder à média de consumo durante o período de maior produção solar mas é incapaz de garantir que durante todo o esse período responderá às somas de consumo, ou por outra palavras haverão picos de consumo que a instalação não terá capacidade de responder.

2.3.2.4 Valorização (1)+(2)- Coluna K

Este valor representa uma média ponderada entre os valores 2.3.2.1 e 2.3.2.3, atribuindo um peso de 60 % ao primeiro valor e 40 % ao segundo, o objetivo é penalizar menos o facto de um determinado kit não ter capacidade de cobrir 100 % da necessidade descrita em 2.3.2.3 pois é filosofia da empresa fazer sistema com dimensão para cobrir 90 % dos casos em que pode ser solicitada a energia fotovoltaica, a experiência da empresa e em particular do Eng. Orlando permite afirmar que a procura de cobrir 100 % dos casos encarece muito o sistema e atrasa o retorno do investimento daí a distinção em 40% + 60 % e não uma média sem ponderação.

2.4 Formulação da Proposta Personalizada

Todas as métricas obtidas na secção 2.2 são agora mescladas, com diferentes graus de importância, para obter uma proposta detalhada para o cliente em questão. O modelo está pré-configurado na folha de cálculo sob o nome de “MODELO PROPOSTA”. Um modelo completo da proposta pode ser consultado na secção anexos.

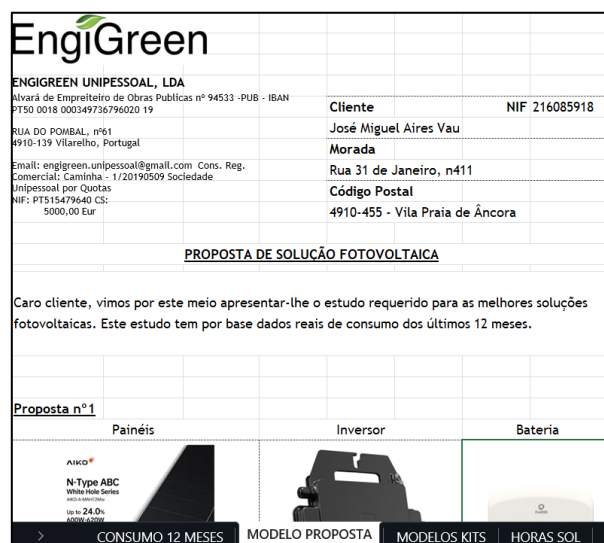


Figura 7 – Página inicial de modelo proposta

2.4.1 Tipos de proposta personalizada

Serão sempre formuladas um mínimo de 6 propostas com 2 opções cada. A opção está relacionada com a possibilidade de ter ou não ter bateria incluída, perfazendo um total de 12 propostas. Cada proposta terá a seguinte estrutura:

- Foto identificativa do modelo de painéis, inversor e bateria;
- Valor total de investimento para proposta com e sem bateria;
- Tempo estimado de retorno investimento para proposta com e sem bateria;
- Energia produzida anualmente para proposta com e sem bateria;
- Energia produzida (consumida) anualmente para proposta com e sem bateria;




Proposta n.º1					
Painéis		Inversor		Bateria	
					
S/ Bateria					
Valor Total	757,77 €	TIR	6,52 anos		
Energia produzida total	2209 kWh	Energia produzida Consumida	774 kWh		
C/ Bateria					
Valor Total	1 944,41 €	TIR	5,87 anos		
Energia produzida total	2209 kWh	Energia produzida Consumida	2209 kWh		

Figura 8 – Modelo do tipo de proposta

No final da proposta será indicado um quadro resumo com a informação da proposta com retorno mais rápido com e sem bateria e o respetivo valor total de investimento, conforme exemplo abaixo.

RESUMO PROPOSTA DE SOLUÇÃO FOTOVOLTAICA			
Proposta s/ bateria retorno mais rápido	Proposta nº 6	Valor total	4 030,40 €
Proposta c/ bateria retorno mais rápido	Proposta nº 5	Valor total	6 169,98 €

Figura 9 – Quadro resumo de propostas

Será decisão futura da empresa EngiGreen como tenciona apresentar ao cliente, bastando de forma imediata eliminar os números de propostas que não pretende submeter antes de imprimir a proposta formal. Poderá de futuro ser automatizado este processo.

3 Resultados e Discussão

3.1 Comparação de Resultados

Vimos no capítulo 2, passo-a-passo, a construção da ferramenta que irá permitir a empresa EngiGreen melhorar a precisão nos seus projetos de instalações FV futuras. Pela dificuldade em montar e testar a ferramenta não nos foi possível aplicar em contexto 100 % real a ferramenta para um cliente novo, a mesma foi testada com recurso aos dados da minha própria instalação elétrica e para efeitos de avaliação iremos comparar os resultados na ferramenta obtida quando comparado com uma ferramenta comercial já estabelecida no mercado. Esta ferramenta de mercado escolhida para a comparação é a que acredito ser a mais completa, após extensa pesquisa e várias simulações feitas, pois já permite adicionar dados de consumo do cliente para um intervalo alargado de tempo, pese ainda ter limitações inevitáveis da uniformização que serão explanadas mais adiante.

As diferenças começam, como já era previsível, na quantidade de dados que estas ferramentas são capazes de obter/processar. No caso da ferramenta comercial apenas pedem dados da leitura mais antiga e mais recente possível.

Para podermos estimar a quantidade de painéis solares a instalar, precisamos de saber os seus consumos médios durante as horas do dia.

Tem fatura de eletricidade consigo?

Sim Não

Se possível, introduza uma leitura do seu contador obtida há um ano atrás e outra mais recente possível.

Leitura da fatura mais antiga que conseguir

Data inicial	Pontas	Cheias	Vazio
_____	_____	_____	_____

Leitura da fatura mais recente que conseguir

Data final	Pontas	Cheias	Vazio
_____	_____	_____	_____

Figura 10 – Pedido de leituras contador

Se possível, introduza uma leitura do seu contador obtida há um ano atrás e outra mais recente possível.

Leitura da fatura mais antiga que conseguir

Data inicial	Pontas	Cheias	Vazio
15/05/2024	1312	4097	6492

Leitura da fatura mais recente que conseguir

Data final	Pontas	Cheias	Vazio
24/05/2025	1884	6296	11028

Figura 11 – Dados de consumo dos últimos 12 meses

A nossa melhor proposta, para que comece já a gerar a sua própria energia, foi enviada para o seu telemóvel e email.

 4 Painéis solares recomendados	 64,54€ Mensalidades (36x) s/juros	 353€ Poupança média anual	 12€ Venda estimada anual
--	---	---	--

Figura 12 – Resumo proposta obtido pela ferramenta comercial

	Solução Recomendada	Solução Económica	Solução Personalizada
Número de painéis	4	2	8
Potência instalada	1660 Wp	830 Wp	3320 Wp
Poupança média anual	353 €/ano	205 €/ano	451 €/ano
Receitas com Excedentes	12 €/ano	-- €/ano	80 €/ano
Mensalidade (36x) s/juros	⊙ 64,54 € (c/ IVA 6%)	⊙ 39,60 € (c/ IVA 6%)	⊙ 111,94 € (c/ IVA 6%)
Preço final	⊙ 2.323,47 € (c/ IVA 6%)	⊙ 1.425,57 € (c/ IVA 6%)	⊙ 4.029,81 € (c/ IVA 6%)
Equip. Monitorização WiFi	250€ ou 6,95 €/mês	250€ ou 6,95 €/mês	250€ ou 6,95 €/mês
	Selecionada	Selecionar	Selecionar

Figura 13 – Detalhe dos 3 tipos de proposta obtida

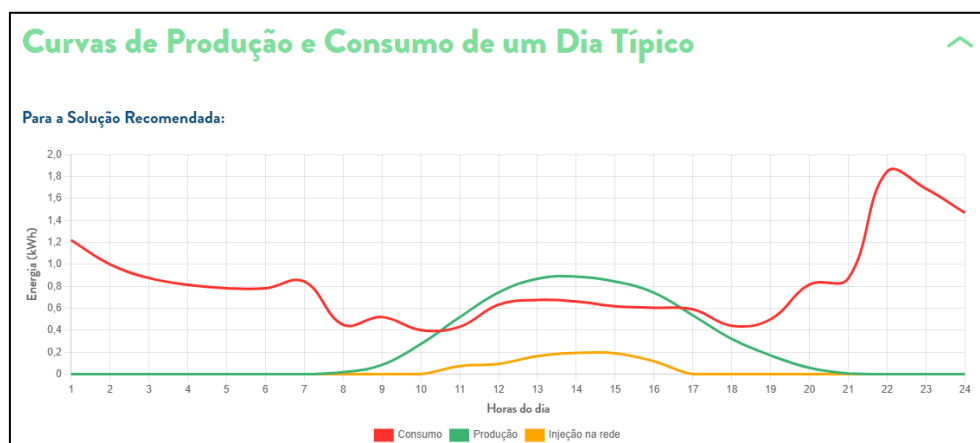


Figura 14 – Curva de produção/consumo típica

Acima podemos ver 4 figuras que descrevem 3 propostas com base nos dados submetidos. Os dados correspondem unicamente ao valor de consumo dividido entre PONTAS, CHEIAS e VAZIO. As 3 propostas decompõem-se em “Solução Recomendada” com 4 painéis, “Solução Económica” com 2 painéis e “Solução Personalizada” com 8 painéis. Vamos comparar as 3 soluções até porque se equiparam, respetivamente, com os kits 2,1 e 6 propostos pela empresa EngiGreen. A figura 21 é interessante de ser analisada na medida em que com base nos dados de consumo genérico a aplicação faz uma “simulação” do consumo ao longo das 24h de um dia, é com base nesta simulação que é feito todo o estudo e são elaboradas as propostas bem como a possível poupança anual. De facto, é um cenário melhor que a maioria das ferramentas disponíveis, mas limita-se a dividir o consumo total pelo número de dias que correspondem a esses consumos e fazer uma distribuição típica para as 24 horas do dia. Ignorando fatores como o exato momento em que é consumida determinada quantidade de energia ou até o mês do ano em que é feito o maior ou menor consumo, é como se os 365 dias do ano fossem todos iguais.

Tabela 10 - Comparação entre Ferramenta EngiGreen e Ferramenta Comercial

Comparação 1	Solução	Potência Instalada	Custo	TIR	Poupança Anual
Ferramenta EngiGreen	Kit 2	1,67 kW	2 046,80 €	6,40 anos	319,81 €
Ferramenta Comercial	Recomendada	1,66 kW	2 323,47 €	6,58 anos	353,00 €
Comparação 2	Solução	Potência Instalada	Custo	TIR	Poupança Anual
Ferramenta EngiGreen	Kit 1	0,61 kW	757,77 €	6,52 anos	116,22 €
Ferramenta Comercial	Económica	0,83 Kw	1 425,57 €	6,95 anos	205,00 €
Comparação 3	Solução	Potência Instalada	Custo	TIR	Poupança Anual
Ferramenta EngiGreen	Kit 6	3,30 kW	4 030,40 €	6,36 anos	633,71 €
Ferramenta Comercial	Personalizada	3,32 kW	4 029,81 €	8,94 anos	451,00 €

Acima pode-se ver a tabela comparativa entre as várias propostas da ferramenta comercial e a ferramenta EngiGreen.

Na comparação 1, a recomendada segundo a ferramenta comercial, temos uma potência instalada semelhante e uma TIR também semelhante, a questão já não é bem a mesma quando

analisámos o Custo e a Poupança Anual. Sendo a TIR igual ao Custo a dividir pela Poupança Anual, apesar de termos TIR semelhantes o valor de poupança anual estimada pela ferramenta comercial é cerca de 10 % superior e o custo total para o cliente é cerca de 13,5 % superior. Não sabendo os equipamentos exatos a instalar é, ou pelo menos poderá ser, injusto comparar os custos mas é perfeitamente razoável comparar os valores de Poupança Anual e aqui a Ferramenta Comercial considera 353,00 € de poupança anual contra os 319,81 € da Ferramenta EngiGreen e isto é justificado pelo facto de o cálculo na Ferramenta Comercial ser feito considerando todos os dias do ano iguais e nada verdade o consumo é diferente em todos os 365 dias do ano, utilizando os dados reais vemos que o aproveitamento, ou poupança, é menor porque em muitos momento existirá produção mas não existirá consumo.

Na comparação 2, a de menor potência instalada, temos uma potência instalada semelhante e uma TIR também semelhante, a questão já não é bem a mesma quando analisámos o Custo e a Poupança Anual. Sendo a TIR igual ao Custo a dividir pela Poupança Anual, apesar de termos TIR semelhantes o valor de poupança anual estimada pela ferramenta comercial é cerca de 43,5% superior e o custo total para o cliente é cerca de 88,5 % superior. Mais uma vez não sabendo os equipamentos exatos a instalar é, ou pelo menos poderá ser, injusto comparar os custos, mas é perfeitamente razoável comparar os valores de Poupança Anual e aqui a Ferramenta Comercial considera 205,00 € de poupança anual contra os 116,22 € da Ferramenta EngiGreen e isto é justificado, novamente, pelo facto de o cálculo na Ferramenta Comercial ser feito considerando todos os dias do ano iguais e nada verdade o consumo é diferente em todos os 365 dias do ano.

Por último na comparação 3, a de maior potência instalada, temos uma potência instalada semelhante e um custo também semelhante, a diferença regista-se ao nível da possível poupança anual e consequentemente no valor da TIR. A ferramenta EngiGreen previu, com base nos dados de consumo, uma possível poupança anual é de 633,71 €, aproximadamente 30 % mais do que a ferramenta Comercial. Esta diferença pode ser explicada pelo facto de os consumos reais aumentarem nos meses de verão em períodos de produção solar “elevada”, visto a Ferramenta Comercial considerar todos os dias do ano iguais, então não consegue vislumbrar este ganho da mesma forma que a ferramenta EngiGreen consegue.

3.2 Trabalhos Futuros

Embora a ferramenta desenvolvida já permita uma análise personalizada e rigorosa, há ainda várias melhorias e funcionalidades adicionais que poderão ser exploradas no futuro, tanto para aumentar a sua utilidade prática como para aprofundar a análise técnica e financeira. Abaixo enumeram-se algumas ideias que surgiram ao longo do projeto e que poderão ser trabalhadas em fases seguintes:

Identificação de padrões atípicos de consumo

Uma funcionalidade com grande potencial será a criação de gráficos que permitam identificar visualmente consumos fora do normal — os chamados *outliers*. Este tipo de análise poderá ser

útil, por exemplo, para detetar eventos pontuais como o carregamento de um carro elétrico, que pode influenciar negativamente o dimensionamento do sistema se não for tratado de forma isolada. A representação gráfica dos consumos ao longo do tempo (diários ou horários) ajudaria a distinguir padrões regulares de consumos esporádicos, tornando as propostas mais fiéis à realidade do cliente.

Simulação com horizonte de 15 anos

Tendo em conta que a vida útil típica dos painéis solares ronda os 15 a 25 anos, faz sentido alargar a análise financeira a um período mais alargado, nomeadamente 15 anos. Esta simulação permitiria obter uma estimativa mais realista da TIR (Taxa Interna de Rentabilidade), incorporando não só os custos iniciais como também despesas de manutenção, eventuais substituições e a degradação natural dos equipamentos. Desta forma, seria possível comparar diferentes cenários de retorno ao longo do tempo, aproximando o estudo das condições reais de utilização.

Inclusão da degradação anual dos painéis

Atualmente, a maior parte das análises assume uma produção constante ao longo do tempo. No entanto, os painéis solares perdem eficiência gradualmente, com uma taxa de degradação estimada entre 0,5% e 1% por ano. Esta variação, ainda que pequena, tem impacto nos cálculos de produção e retorno. A sua inclusão no modelo aumentaria a precisão da previsão e a transparência da proposta apresentada ao cliente.

Análise de cenários climáticos alternativos

Outra melhoria possível seria a simulação de diferentes cenários meteorológicos — por exemplo, anos com menos horas de sol ou períodos prolongados de nebulosidade. Com base em dados históricos de radiação solar da região, poderia ser feita uma análise mais robusta, identificando o impacto de anos atípicos na rentabilidade do sistema. Esta abordagem seria particularmente útil para clientes mais conservadores ou investidores que pretendem avaliar o risco do projeto.

Interface de carregamento direto de dados

Uma evolução natural da ferramenta será a criação de uma interface onde o próprio cliente possa carregar os seus dados de consumo — por exemplo, exportando o ficheiro do portal da e-redes. Esta funcionalidade permitiria gerar uma proposta automática e personalizada em poucos minutos, sem necessidade de intervenção manual. Além de acelerar o processo comercial, aumentaria também a autonomia e o envolvimento do cliente.

Adaptação a sistemas com baterias bidirecionais (V2G)

Com a crescente popularização dos veículos elétricos e das baterias inteligentes com tecnologia V2G (Vehicle-to-Grid), será importante preparar a ferramenta para considerar este tipo de

soluções. Estes sistemas permitem que a energia armazenada seja reutilizada ou até vendida à rede, abrindo portas a novos modelos de gestão energética. O desafio estará em ajustar os cálculos e previsões para contemplar esta lógica bidirecional, que até agora não está considerada na ferramenta base.

Relatórios automáticos e dashboards interativos

Por fim, seria interessante desenvolver relatórios mais completos e visualmente apelativos, recorrendo a ferramentas como o Power BI ou Google Data Studio. A criação de gráficos dinâmicos, com indicadores de consumo, produção e retorno em tempo real, permitiria acompanhar a performance da instalação após a sua execução. Para além de facilitar o acompanhamento pelo cliente, esta funcionalidade reforçaria a credibilidade da empresa e daria suporte à monitorização contínua dos projetos.

4 Conclusões

Ao longo deste trabalho procurou-se desenvolver uma ferramenta prática, rigorosa e personalizável que auxilie na tomada de decisão para investimentos em sistemas fotovoltaicos. Através de uma análise detalhada dos perfis reais de consumo, tornou-se possível propor soluções mais adequadas à realidade de cada cliente, corrigindo as limitações associadas aos métodos generalistas utilizados pelas ferramentas disponíveis no mercado.

A ferramenta construída permite analisar o aproveitamento da energia solar de forma adaptada a cada cliente específico, tendo por base dados históricos e reais, não apenas projeções médias ou perfis genéricos. Esta abordagem revelou-se essencial para fornecer estimativas mais fiáveis do retorno do investimento, evitando sobre ou sub dimensionamentos que possam comprometer a viabilidade do projeto.

Além disso, ao integrar diversos fatores — como os horários de consumo, os períodos de maior produção solar e a sazonalidade, conseguiu-se uma visão mais completa do comportamento energético do cliente. O modelo de propostas desenvolvido, com várias opções de kits, com e sem baterias, permitiu ainda aumentar a transparência e facilitar a tomada de decisão por parte do cliente final.

Embora os testes realizados tenham sido feitos com base num caso real específico, os resultados obtidos demonstram o potencial da ferramenta para ser replicada e aplicada noutros contextos, desde que exista a recolha rigorosa dos dados de consumo. A sua capacidade de adaptação e atualização contínua reforça ainda mais a sua utilidade futura.

Em suma, este projeto não pretende competir com os grandes softwares comerciais, mas sim preencher uma lacuna clara no mercado: a necessidade de uma análise verdadeiramente personalizada, que respeite as particularidades de cada cliente e promova uma utilização mais eficiente e consciente da energia solar. Acredita-se que, com os desenvolvimentos futuros aqui identificados, a ferramenta poderá tornar-se um recurso de valor acrescentado para qualquer empresa que procure aliar rigor técnico a simplicidade de utilização.

5 Referências

- [1] Junying Wong, Feifei Bai, Muhammad Hafidz B. Khairudin, e Rodney H.G. Tan, «Operational Performance and Economic Analysis of Three PV Tracking Technologies in an Australian PV Plant», *IEEE Innovative Smart Grid Technologies – Asia*, May 2019, p.3368 - 3373, doi: 10.1109/ISGT-Asia.2019.8881544.
- [2] Y. Zhi, D. Gao, G. Wei, e X. Yang, «Simultaneous sizing and scheduling optimization for farmhouse PV-battery systems with a multi-structured power system model», *J Energy Storage*, vol. 104, Dez. 2024, doi: 10.1016/j.est.2024.114564.
- [3] J. Alboali, A. Alsuwaid, M. Aljafar, e M. Khalid, «Incentive-Based Assessment of Residential Solar PV Systems: A Case Study», em *Proceedings of 2021 31st Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., 2021. doi: 10.1109/AUPEC52110.2021.9597710.
- [4] M. F. Nayan, S. M. S. Ullah and S. N. Saif, "Comparative analysis of PV module efficiency for different types of silicon materials considering the effects of environmental parameters," *2016 3rd International Conference on Electrical Engineering and Information Communication Technology (ICEEICT)*, Dhaka, Bangladesh, 2016, pp. 1-6, doi: 10.1109/CEEICT.2016.7873089.

6 ANEXOS

ANEXO 1 – Modelo Proposta Página 1 de 4



ENGIGREEN UNIPessoal, LDA

Alvará de Empreiteiro de Obras Públicas nº 94533 -PUB - IBAN PT50 0018 000349736796020 19

RUA DO POMBAL, nº61
4910-139 Vilarelho, Portugal

Email: engigreen.unipessoal@gmail.com Cons. Reg.
Comercial: Caminha - 1/20190509 Sociedade Unipessoal
por Quotas
NIF: PT515479640 CS:
5000,00 Eur

Cliente NIF 216085918

José Miguel Aires Vau

Morada

Rua 31 de Janeiro, n411

Código Postal

4910-455 - Vila Praia de Âncora

PROPOSTA DE SOLUÇÃO FOTOVOLTAICA

Caro cliente, vimos por este meio apresentar-lhe o estudo requerido para as melhores soluções fotovoltaicas. Este estudo tem por base dados reais de consumo dos últimos 12 meses.

Proposta nº 1

Painéis



Inversor



Bateria



S/ Bateria

Valor Total	757,77 €	TIR	6,52 anos
Energia produzida total	2209 kWh	Energia produzida Consumida	774 kWh




C/ Bateria

Valor Total	1 944,41 €	TIR	5,87 anos
Energia produzida total	2209 kWh	Energia produzida Consumida	2209 kWh

ENGIGREEN UNIPessoal, LDA

ANEXO 2 – Modelo Proposta Página 2 de 4

Proposta n°2

Painéis	Inversor	Bateria
 <p>GSL ENERGY Hi-MO 535-555M 12 year Warranty for Materials and Processing 25 year Warranty for Total Linear Power Output LONGi</p>	 <p>Inversor</p>	 <p>Bateria</p>




S/ Bateria

Valor Total	2 046,80 €	TIR	6,4 anos
Energia produzida total	6080 kWh	Energia produzida Consumida	2131 kWh

C/ Bateria

Valor Total	3 233,44 €	TIR	5,66 anos
Energia produzida total	6080 kWh	Energia produzida Consumida	3810 kWh

Proposta n°3

Painéis	Inversor	Bateria
 <p>Vertex S+ 505W 0/+5W 22.7% Wuxi Solar</p>	 <p>Inversor</p>	 <p>Bateria</p>

S/ Bateria

Valor Total	2 671,26 €	TIR	6,89 anos
Energia produzida total	7377 kWh	Energia produzida Consumida	2586 kWh

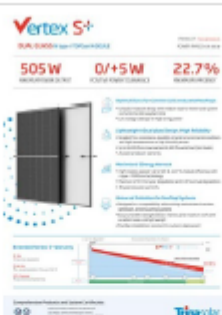


C/ Bateria

Valor Total	4 810,84 €	TIR	5,4 anos
Energia produzida total	7377 kWh	Energia produzida Consumida	5944 kWh

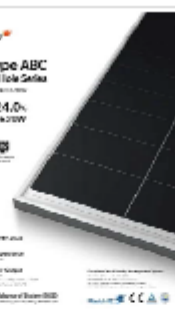


ENGIGREEN UNIPESSOAL, LDA

ANEXO 3 – Modelo Proposta Página 3 de 4

Proposta nº4

Painéis	Inversor	Bateria	
			
S/ Bateria			
Valor Total	3 234,76 €	TIR	6,67 anos
Energia produzida total	9221 kWh	Energia produzida Consumida	3232 kWh
C/ Bateria			
Valor Total	5 374,34 €	TIR	5,44 anos
Energia produzida total	9221 kWh	Energia produzida Consumida	6590 kWh

Proposta nº5

Painéis	Inversor	Bateria	
			
S/ Bateria			
Valor Total	3 045,08 €	TIR	6,55 anos
Energia produzida total	8838 kWh	Energia produzida Consumida	3098 kWh
C/ Bateria			
Valor Total	5 184,66 €	TIR	5,35 anos
Energia produzida total	8838 kWh	Energia produzida Consumida	6456 kWh

ENGIGREEN UNIPESSOAL, LDA

ANEXO 4 – Modelo Proposta Página 4 de 4

Proposta nº6

Painéis	Inversor	Bateria
		

S/ Bateria

Valor Total	4 030,40 €	TIR	6,36 anos
Energia produzida total	12051 kWh	Energia produzida Consumida	4224 kWh

C/ Bateria

Valor Total	6 169,98 €	TIR	5,98 anos
Energia produzida total	12051 kWh	Energia produzida Consumida	6875 kWh

RESUMO PROPOSTA DE SOLUÇÃO FOTOVOLTAICA

Proposta s/ bateria retorno mais rápido	Proposta nº 6	Valor total	4 030,40 €
Proposta c/ bateria retorno mais rápido	Proposta nº 5	Valor total	6 169,98 €

Obrigado,



DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter conduzido este trabalho académico com integridade. Não plagiei ou apliquei qualquer forma de uso indevido de informações ou falsificação de resultados ao longo do processo que levou à sua elaboração.

Declaro que o trabalho apresentado neste documento é original e de minha autoria, não tendo sido utilizado anteriormente para nenhum outro fim.

Declaro ainda que tenho pleno conhecimento do Código de Conduta Ética do P.PORTO.



ISEP, Porto, 22 de julho de 2025.